



FAKULTÄT FÜR **INFORMATIK**

Konzept zur automatisierten Sensorüberwachung von Wohnungen im Passivhausstil

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Wirtschaftsingenieurwesen Informatik

eingereicht von

Michael Paier

Matrikelnummer 0203347

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung:
Betreuer: Univ.-Prof. Dr. -Ing. Gerhard H. Schildt

Wien, 15.10.2008

(Unterschrift Verfasser)

(Unterschrift Betreuer)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

Danksagung

Ich möchte mich bei meinem Professor und Betreuer, Professor Gerhard H. Schildt, dem Assistenten Felix Schuster, der Assistentin Daniela Kahn und dem Institut „Computer Aided Automation“ für die tatkräftige Unterstützung beim Erarbeiten meiner Diplomarbeit bedanken. Desweiteren möchte ich mich bei Herrn Nussbaum, dem Besitzer der Passivwohnung, für seine Zeit und sein Fachwissen bedanken. Dank gilt auch all meinen Freunden, die mich, vor allem gegen Ende dieser Arbeit unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	1
DANKSAGUNG.....	1
1. EINLEITUNG UND MOTIVATION.....	5
1.1 WISSENSCHAFTLICHE FRAGESTELLUNGEN.....	5
1.2 AUSLEGUNG UND ABGRENZUNG DER DIPLOMARBEIT	6
1.3 AUFBAU DER ARBEIT.....	6
2. GRUNDLAGEN	8
2.1 DEFINITIONEN	8
2.2 DEFINITION VON RAUMTYPEN	9
2.3 DEFINITIONEN AUS DEM BEREICH SENSORIK.....	9
2.4 PASSIVHAUS, PASSIVWOHNUNG	10
2.5 HEIZEN UND LÜFTEN MIT PASSIVHAUS-STANDARD	11
2.6 ENERGIEVERBRAUCH IN EINEM HAUSHALT	12
2.7 ÖKONOMISCHE BETRACHTUNG DES PASSIVBAUS.....	13
2.7.1 Kosten bei Renovierung	14
2.7.2 Kosten bei Neubau.....	14
2.7.3 Ersparnisse	15
3. ENERGIE UND WÄRME IN EINER WOHNUNG.....	16
3.1 BEHAGLICHKEIT UND WOHLBEFINDEN	16
3.2 WÄRMEAUSBREITUNG IN RÄUMEN	17
3.2.1 Konvektion.....	18
3.2.2 Wärmeleitung	18
3.2.3 Wärmestrahlung	18
3.2.4 Luft-Erwärmung	19
3.2.5 U-Wert und Passivhaus-Standard	20
3.3 WÄRMEQUELLEN IN WOHNUNGEN	21
3.3.1 Licht und Lampen	21
3.3.2 Elektro- und Küchengeräte	23
3.3.3 Der Mensch als Wärmequelle.....	25
3.3.4 Heizung und Klimageräte	28
3.3.5 Solare Gewinne	29
3.3.6 Bilanzverfahren.....	29
3.4 WÄRMEVERLUSTQUELLEN.....	30
3.4.1 Wärmeverluste im Haus	30
3.4.2 IR-Abstrahlung, Wärmebild-Diagnostik.....	31
3.4.2.1 Dichtheitsprüfung	31
3.4.2.2 Thermographie	32
3.5 U-WERT EINER GESAMTEN WOHNUNG.....	34
4. SENSORIK, SENSORTECHNIK UND SENSORTYPEN	35
4.1 SENSORARTEN.....	35
4.1.1 Schaltkontakte.....	35
4.1.2 Reed-Kontakte	36
4.1.3 Relais	36
4.1.4 Veränderliche Widerstände	37
4.1.5 Fotodioden.....	37
4.1.6 Fototransistor	37
4.1.7 Kapazitive Sensoren	38

4.1.8	Induktive Sensoren	38
4.1.9	Piezoelektrische Sensoren	39
4.1.10	Elektrochemische Sensoren	39
4.1.11	Durchfluss- und Füllstand-Sensoren	40
4.2	OPTOELEKTRONISCHE SENSOREN	44
4.2.1	Lichtschanke	44
4.2.2	Bewegungsmelder	45
4.2.3	Optokoppler	47
4.3	MESSAUSWERTUNG	48
4.3.1	Messung der elektrischen Leistung	48
4.3.2	Indirekte Strommessung mittels Stromzange	49
4.4	PERSONENERFASSUNG	50
4.4.1	Passive Systeme	50
4.4.2	Aktive Systeme	54
4.4.3	Problem Mensch bei Zugangskontrolle	58
5.	SENSORNETZWERKE IN EINEM HAUSHALT	59
5.1	SIGNALÜBERTRAGUNG	59
5.1.1	Kabel	59
5.1.2	Glasfaser	61
5.1.3	Funkstandards	62
5.1.4	Trägerfrequenzanlage	62
5.2	ALLGEMEINER AUFBAU EINES SENSOR-NETZWERKES	64
5.3	BUSSYSTEME IM BEREICH HOME - AUTOMATION	66
5.3.1	EIB/KNX	66
5.3.1.1	EIB/KNX-Busgeräte	68
5.3.1.2	Topologie	69
5.3.1.3	Datenübertragung	71
5.3.2	LonWorks	71
5.3.3	BACnet	74
5.4	VERNETZTE HAUSHALTSGERÄTE	75
5.5	KOMPLETTSYSTEME FÜR DEN HOME - BEREICH	77
5.5.1	Testo	77
5.5.2	WAGO	78
6.	REFERENZPROJEKT: ROSINAGASSE	81
6.1	VORGEHENSWEISE ZUR ERSTELLUNG EINES KONZEPTES	81
6.2	GRUNDRISS UND AUFBAU DER WOHNUNG	82
6.3	VOLUMENMODELL	85
6.4	BERECHNETE VOLUMINA	88
7.	GESAMTKONZEPT DER UMGESETZTEN LÖSUNG	90
7.1	GESAMTE STRUKTUR	90
7.2	ENTSCHEIDUNGEN	90
7.2.1	Übertragungsmedium	91
7.2.2	Grad der Überwachung und Sensortypen	91
7.2.3	Dimensionierung der Sensoren	93
7.2.4	Netzwerk, Bussystem, datenverarbeitende Einheit	96
7.2.5	GPRS – Modul	101
7.2.6	Server, PHP	102
7.2.7	Datenbank	102
7.2.8	Web-Interface	102

7.2.9 Personenüberwachung	103
7.3 VERWENDETES SENSOR-NETZWERK	103
7.3.1 Haustechnikraum.....	104
7.3.2 Kinderzimmer	106
7.4 DATENVERARBEITENDE EINHEIT	106
7.5 GPRS-MODUL	107
7.5.1 Beschreibung TO-PASS M	108
7.5.2 Berechnung Datenvolumen.....	110
7.6 KONZIPIERTE DATENBANK.....	110
7.7 WEBPAGE.....	112
7.8 AKTUELLER STATUS.....	113
8. REALISIERTE LÖSUNGEN ZU DEMONSTRATIONSZWECKEN	114
8.1 AUFBAU IM LABOR.....	114
8.2 MINI - DATENBANK	115
8.3 PARAMETRISIERUNG DES TO-PASS®	116
8.4 MESSSCHALTUNGEN	117
8.4.1 Reed - Kontakte.....	117
8.4.2 Lichtschranke	117
8.4.3 Stromfluss - Detektor	117
8.4.4 Temperatursensor	118
8.4.5 Feuchtigkeitssensor	119
8.4.6 Helligkeitssensor.....	119
8.4.7 Sonderschaltung: Spannungs-Strom-Wandler	119
8.5 PHP-SCRIPT & WEBPAGE	120
8.6 MESSERGEBNISSE TO-PASS MODUL.....	121
8.7 AKTUELLE ÜBERSICHT	122
8.8 MESSERGEBNISSE	122
9. ERKENNTNISSE DER ARBEIT.....	126
10. SCHLUSSBETRACHTUNG	128
QUELLENVERZEICHNIS: LITERATURSTELLEN.....	129
QUELLENVERZEICHNIS: INTERNETQUELLEN	130
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	136
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	138
TABELLENVERZEICHNIS.....	140
ANHANG.....	141

1. Einleitung und Motivation

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Erstellung eines Konzepts zur sensorischen Überwachung von Wohnungen, mit spezieller Berücksichtigung auf den neuen Trend der energiesparenden Bauweise des Passivbau-Stils.

Energiesparen und das Schonen natürlicher Ressourcen, sind in der heutigen Zeit ein immer wichtiger werdender Faktor, für Gesellschaft und Umwelt, denn nicht nur Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen erzeugen sehr viel CO₂ sondern auch Wohnungen. Wohnungen verbrauchen sehr viel Energie und Wärme, welche oft schlecht genützt beziehungsweise verschwendet wird. Undichte Fenster, schlechte Isolierungen und sonstige Effekte führen dazu. Um die Umwelt zu schonen, und auch ökonomischere effizientere Wohnungen zu bekommen, wurde der Passivhaus-Stil eingeführt.

Wie kann man nun die Effizienz eines Passivhauses oder einer Passivwohnung bestimmen? Natürlich kann man den gesamten Energieverbrauch einer solchen Wohnung oder Hauses heranziehen, jedoch gibt dieser keine Auskunft über die internen Vorgänge. Wie breitet sich die Wärme aus, welche (Heiz-) Effekte haben Personen und Elektrogeräte wirklich? Wo geht Wärme trotz Passivhaus verloren. Diese Fragen stellen sich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde nun ein Konzept entworfen, welches durch eine dichte sensorische Überwachung in einer Wohnung mit Passivhaus-Stil helfen soll, diese Fragen zu beantworten. Im Speziellen wurde das entworfene Konzept für ein reales Projekt dimensioniert, welches von dieser Diplomarbeit begleitet wurde. Eine Altbauwohnung in Wien wurde renoviert und auf Passivhaus-Standard gebracht. Das Projekt soll dabei ein Vorzeigeprojekt für Österreich werden, wie man eine Altbauwohnung effizient umbauen kann.

1.1 Wissenschaftliche Fragestellungen

Um nun Informationen und Rückschlüsse auf den Energiehaushalt und die Effizienz eines Passivhauses zu gewinnen, ergeben sich folgende wissenschaftlichen Fragen, die im Zuge dieser Arbeit beantwortet werden:

- Auf welche Besonderheiten muss man achten, wenn man Passivhäuser oder Passivwohnungen überwachen möchte?

- Welche Wärmequellen und welche Verlustquellen gibt es in einem Haushalt?
- Welche Sensoren können hierfür eingesetzt werden?
- Welche Techniken zur Vernetzung, Steuerung und Automatisierung können für die Überwachung eines Haushaltes eingesetzt werden? Welche Industrielle Lösungen gibt es?
- Wie entwirft man ein Konzept zur Überwachung eines Haushalts?
- Welche Designentscheidungen wurden für das Referenzprojekt getroffen und warum?
- Was wären mögliche (Langzeit-) Erkenntnisse von den Messwerten?
- Welchen wirtschaftlichen Nutzen haben solche Systeme?

1.2 Auslegung und Abgrenzung der Diplomarbeit

Es soll noch einmal betont werden, dass die Aufgabe dieser Diplomarbeit ist, ein Konzept für eine sensorische Überwachung eines Wohnraums zu erstellen und nachzuweisen, dass es funktioniert. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nicht mit Steuerung und Regelung irgendwelcher elektrischer Anlagen, Heizungen oder sonstiger Steuereinheiten. Der Schwerpunkt soll bei der Überwachung von Wohnbereichen liegen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn dieser Arbeit werden wichtige Definitionen gegeben, die für die restliche Arbeit von Relevanz sind. Es wird in die Thematik des Passivbau-Standards eingeführt und das Funktionsprinzip eines Passivhauses erläutert. Der Energieverbrauch wird betrachtet sowie der ökonomische Nutzen.

Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit der Energie und Wärme in einer Wohnung im Allgemeinen. Das Raumklima, die Wärmeausbreitung in Räumen und Wärmequellen sowie Wärmeverlustquellen werden analysiert.

Kapitel 4 behandelt das Thema Sensoren. Hierbei werden Überlegungen angestellt, welche Sensoren sich am besten für die in Kapitel drei identifizierten Wärmequellen und Wärmeverlustquellen eignen würden.

Das Thema wird dabei ausgeweitet und beschäftigt sich am Ende auch mit Personenerfassung in Wohnräumen.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit dem Einsatz von Sensornetzwerken. Angefangen wird hier beim Einsatz verschiedener Übertragungsmedien. Danach werden mögliche Arten von Vernetzungsmöglichkeiten vorgestellt. Zentrale und dezentrale Lösungsansätze werden verglichen und die bekanntesten Home-Automation-Bus-Systeme, wie zum Beispiel dem EIB/KNX-Bus vorgestellt. Abschließend werden Systeme vorgestellt, wie Haushaltsgeräte an ein Netzwerk angeschlossen werden können.

Kapitel 6 stellt das Begleitprojekt vor, für welches das Konzept entworfen wurde. Ein Volumenmodell wurde anhand eines vorliegenden Grundriss-Plans erstellt, um das gesamte Luftvolumen für die gesamte Wohnung berechnen zu können.

In Kapitel 7 befindet sich das eigentliche Konzept für die sensorische Überwachung der Wohnung. Zu Beginn werden Entscheidungen getroffen für Übertragungsmedium, Netzwerk und Datenaufbereitung. Anschließend wird das Konzept für zwei Systeme geplant. Dem 750er I/O-System der Firma WAGO oder einer Lösung mit dem EIB/KNX-Bussystem. Die Vorteile und Nachteile beider Varianten werden beleuchtet und ein System wird gewählt. Die Messwerte der Sensoren werden über GPRS an einen Server geschickt und dort auf einer Web-Page präsentiert. Das GPRS-Gerät wird ebenfalls vorgestellt, sowie das Konzept für die nötige Informatik (Datenbank, Server, etc.)

Kapitel 8 dokumentiert den praktischen Teil der Arbeit, in dem im kleinen Rahmen die wichtigsten Konzept-Ideen nachgewiesen werden. Die einzelnen Messaufbauten werden beschrieben, sowie die Verwendung des GPRS-Moduls, der einzelnen Sensoren und deren Ergebnisse.

Kapitel 9 beendet die Diplomarbeit. Es besteht aus einer kurzen Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit und gibt außerdem einen Ausblick in die Zukunft.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden Grunddefinitionen, die für diese Diplomarbeit von Relevanz sind, gegeben. Weiters wird eine Einführung in das Thema Passivhaus und Passivhaus-Standard durchgeführt. Energieverbrauch, Heiztechnik, Lüftung und Kosten dieser Technik werden dabei betrachtet.

2.1 Definitionen

Es folgen nun einige Definitionen, die wichtig sind, um später eine klare Abgrenzung zu schaffen, was in dieser Diplomarbeit behandelt wird.

Wohnfläche

Die Wohnfläche bezeichnet die Summe der anrechenbaren Grundflächen der Räume, die ausschließlich zu einer Wohnung gehören. Bereiche mit eingeschränkter Höhe (unter einem Meter, z.B.: Dachschrägen) müssen speziell berücksichtigt werden und zählen nicht dazu. Zur Wohnfläche gehört ebenfalls nicht die Grundfläche von sog. Zubehörräumen wie Keller oder Dachräume, von Räumen, die den Anforderungen des Bauordnungsrechts nicht genügen, sowie von Geschäfts- und Wirtschaftsräumen [1].

Passivhaus

Unter einem Passivhaus wird ein Gebäude mit einer Lüftungsanlage verstanden, welches keine klassische Heizung benötigt weil, es sehr gut wärmedämmend ist. Genauer betrachtet beschreibt der Begriff einen Energiestandard für Gebäude.

Die präzisere Definition lautet:

"Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität (DIN 1946) erforderlich ist, gewährleistet werden kann - ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden" [2].

Für Wohnungen, die auf Passivhaus-Standard gebracht werden (renoviert), gilt diese Definition ebenso.

2.2 Definition von Raumtypen

Es folgen nun Definitionen für eine eindeutige Unterscheidung, welche Raumtypen in Wohnräumen existieren und im Rahmen dieser Diplomarbeit behandelt werden [Kas07a].

Individuelle Räume

Ein individueller Raum kann abhängig von der spezifischen Art des Gebäudes entweder ein Wohnraum, Kinderzimmer, Hotelzimmer, Schlafzimmer oder auch Einzel- oder Gruppenbüro sein.

Gemeinschaftsräume

Ein Gemeinschaftsraum definiert sich dadurch, dass er nicht nur von Bewohnern des Wohnraumes, sondern von jeder Person benutzt werden kann. Beispiele dafür sind Stiegen- und Treppenhäuser, Kinos, Speisesäle oder Gänge.

Zweckräume

Unter Zweckräume versteht man Räume, die sich von normalen Räumen durch eine spezielle Funktion unterscheiden. Hierunter fallen Technikräume, Badezimmer, WC sowie Lagerhallen oder auch Fertigungshallen.

2.3 Definitionen aus dem Bereich Sensorik

In diesem Kapitel werden einige Definitionen im Bereich der Sensortechnik gegeben.

Energie, Arbeit, Wärmemenge

Die abgeleitete SI-Einheit für Energie, Arbeit und Wärmemenge ist Joule. 1 J ist gleich der Arbeit, die verrichtet wird, wenn der Angriffspunkt der Kraft 1N (Newton) in Richtung der Kraft um 1m verschoben wird. $1\text{J} = 1\text{N}\cdot\text{m}$. Eine gesetzliche Leistungseinheit zur Energiemengenmessung in Haushalten, ist die kWh (Kilowattstunde). 1 kWh entspricht umgerechnet 3,6 MJ (Megajoule) [Sch04].

Energiestrom, Leistung, Wärmestrom

Die abgeleitete SI-Einheit für Leistung des Energiestroms und des Wärmestroms ist Watt. 1 W ist gleich der Leistung, bei der während der Zeit von 1 s die Energie von 1 J (Joule) umgesetzt wird.

$$1\text{W} = 1\text{J}/\text{s} = 1\text{Nm}/\text{s} = 1\text{VA} = 1\text{m}^2 \cdot \text{kg}/\text{s}^3 \text{ [Sch04].}$$

Volumenstrom, Volumendurchfluss

Die abgeleitete SI-Einheit des Volumenstroms oder Volumendurchflusses ist m^3/s . $1\text{m}^3/\text{s}$ ist gleich dem Volumenstrom oder Volumendurchfluss eines Fluides mit dem Volumen 1m^3 innerhalb von einer Sekunde durch einen Strömungsquerschnitt [Sch04].

Massenstrom, Massendurchfluss

Die abgeleitete SI-Einheit des Massenstroms oder Massendurchflusses ist kg/s . $1\text{kg}/\text{s}$ ist gleich dem Massestrom oder Massedurchfluss eines Fluides mit der Masse von 1kg innerhalb von einer Sekunde durch einen Strömungsquerschnitt [Sch04].

2.4 Passivhaus, Passivwohnung

Wie bereits aus den Definitionen aus Kapitel 2.1 ersichtlich spricht man von einem Passivhaus oder einer Passivwohnung, wenn dieser Wohnraum den Wärmebedarf für ein behagliches Wohnen (siehe Kapitel 3.1) rein durch passive Wärmequellen aufbringen kann und keine herkömmliche Heizung mehr nötig ist. Es gibt nun Normen und Standards, die sich aus den Standards für Niedrigenergiehäuser entwickelt haben. Zu beachten ist, dass die meisten der heutigen Vorschriften und Standards abhängig von regionalen und politischen Zonen sind. Es gibt zum Beispiel in Österreich, speziell für das Land Niederösterreich, eine eigene Verordnung für Passivhäuser. Aufgrund dieser Standards werden dann (Wohnbau-) Förderungen von den politischen Regionen vergeben. Als politische Begründung wird dabei angegeben, dass eine Passivwohnung oder Passivhaus nicht nur den Hausbesitzer langfristig Kosten spart, sondern auch massiv zur Verringerung der Kohlendioxid (CO_2) - Belastung und somit zum Umweltschutz beiträgt. Aus diesem Grund werden Sanierungen und Neubauten zur Zeit finanziell stark gefördert.

Die genauen Anforderungen an ein Passivhaus variieren in den politischen Zonen leicht, sind aber in gesamt Österreich und Deutschland ähnlich. Die folgenden typischen Werte werden laut Quellen [2,3 und 4] hierbei angegeben:

Werte für Passivhäuser in Österreich und Deutschland

- Jahresheizwärmebedarf $\leq (10...15) \text{ kWh/a}$
- Heizlast $\leq 10 \text{ W/m}^2$

- Luftdichtigkeit $n_{50} \leq 0,60/h$
- Primärenergiebedarf $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (inkl. aller elektrischen Verbraucher)

Der Jahresheizwärmebedarf wird dabei für ein Jahr ermittelt. Die Heizlast ergibt sich aus der Passivhaus-Bedingung und der Heizlastrechnung [5]. Der so genannte n_{50} -Wert gibt an, wie oft in einer Stunde das Luftvolumen in einer Wohnung umgesetzt wird.

2.5 Heizen und Lüften mit Passivhaus-Standard

Um die im vorherigen Kapitel erwähnten Werte zu erreichen, müssen die Energieverluste und Wärmeverluste, die hauptsächlich durch Wärmestrahlung und Lüftung entstehen, reduziert werden. Dies wird erreicht durch eine gute Wärmedämmung, einer weitgehend dichten Gebäudehülle und einer kontrollierten Wohnraumlüftung. Dies bedeutet somit, dass bei einem Passivhaus Fenster und Türen immer geschlossen sein sollten. Das Thema der Energie- und Wärmequellen und der Dämmung wird in Kapitel 3 näher betrachtet.

Die kontrollierte Wohnraumlüftung arbeitet mit einer Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Die Innenluft, die von den Wärmequellen in einer Wohnung erwärmt wurde, wird dabei herangezogen um Frischluft von außen zu erwärmen. Dadurch wird die Temperatur in der Wohnung annähernd konstant gehalten und gleichzeitig für Frischluft gesorgt. Der Wirkungsgrad der heute eingesetzten Wärmetauscher ist dabei relativ gut (max. 1°C unterschied zwischen Ab- und Zuluft). Als Richtwert bei Passivhäusern gilt, dass etwa alle ein bis vier Stunden die gesamte Luft im Haus dabei ausgetauscht werden sollte, um die Luftqualität aufrecht zu erhalten.

Die Wohnraumlüftung besteht dabei aus einem Gegenstrom-Wärmeübertrager, welcher mit dem nötigen Zu- und Abluftsystem des Passivhauses verbunden ist. Dabei müssen alle Räume abgedeckt werden. Die Abluft gibt im Wärmeübertrager 80 bis 95 % der überschüssigen Wärme an die Zuluft zurück, ohne mit dieser vermischt zu werden. Im normalen Betrieb (ohne aktive Heizung) braucht eine solche Anlage für ein Einfamilienhaus 40 bis 50 Watt an Leistung. Wie groß das Wärmetauschersystem dabei sein muss, ist dabei abhängig vom Luftvolumen der Wohnung. Für das Referenzprojekt, welches im

Laufe dieser Diplomarbeit beschrieben wird, wurde das Luftvolumen in Kapitel 6 ermittelt.

Der große Vorteil ist, dass kein Fenster mehr geöffnet werden muss, und trotzdem für Frischluft gesorgt wird. Solche Anlagen (z.B.: im Einfamilienhäusern) kosten circa 6.000 bis 10.000 € [2].

In manchen Fällen reicht der Wärmegewinn der Abluft nicht aus, um die Wohnung zu heizen. Um trotzdem die Passivhaus-Bedingungen erfüllen zu können, werden auch externe (passive) Wärmequellen angezapft. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel eine Erdwärmeübertragung oder eine Warmwasser-Solaranlage der Wohnraumlüftung mit Wärmepumpe vorzuschalten. Aktive Quellen können ebenfalls verwendet werden, beeinflussen aber die Passivhaus-Bedingungen, da sie einen Energieträger (z.B.: Strom für Elektroheizung, Holz für Holzofen) benötigen [2].

2.6 Energieverbrauch in einem Haushalt

Folgende Grafik veranschaulicht den Energieverbrauch in einem Durchschnittshaushalt ohne Passivhausstandard in Deutschland. Dabei erkennt man sofort, dass Heizungen die größten Energieverbraucher ist.

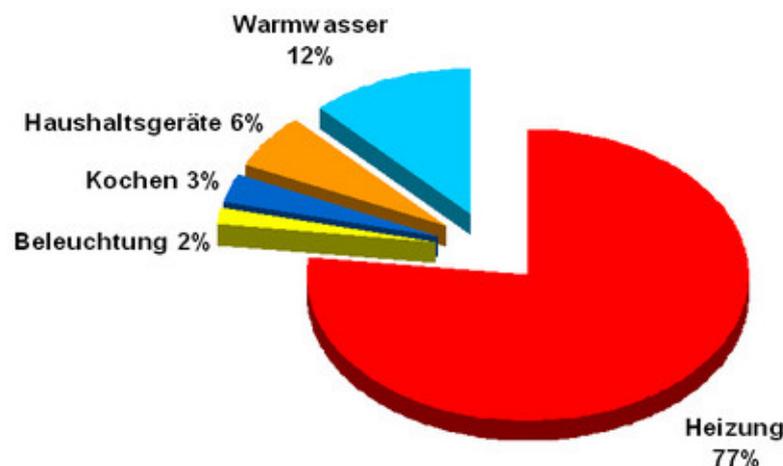


Abbildung 1: Durchschnittliche Energieverbrauchsverteilung [6]

Daher geht der Trend bei Neubauten oder Renovierung dazu, die Heizkosten (hauptsächlich durch bessere Wärmedämmung) zu minimieren. So genannte Niedrigenergie-Standards und der Passivhaus-Standard wurden eingeführt. Wie der Energieverbrauch bei solchen Standards aussieht, ist in der folgenden Abbildung ersichtlich [7].

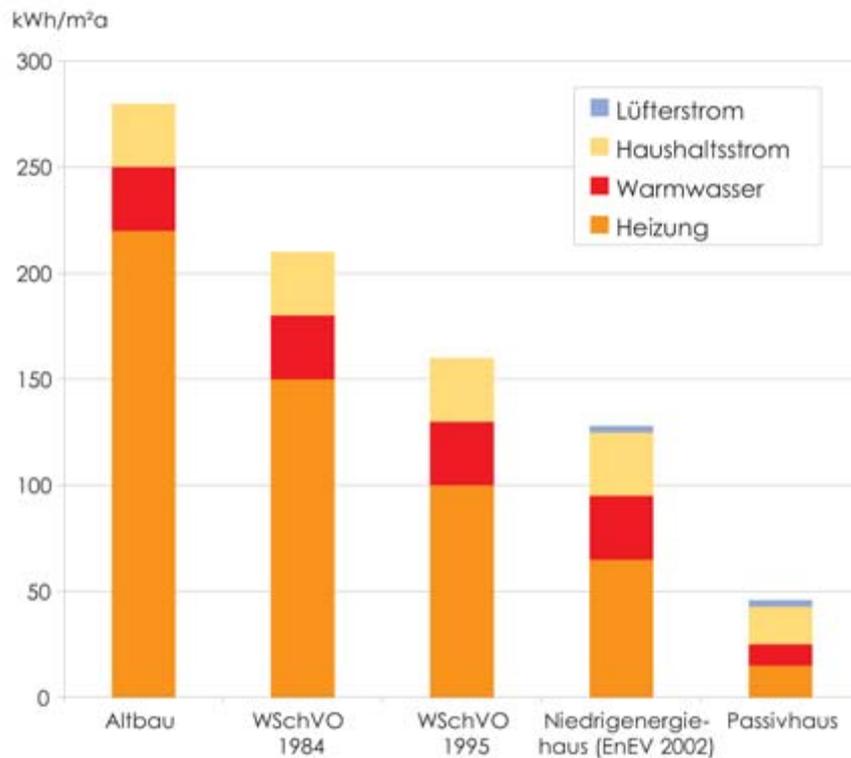


Abbildung 2: Energieverbrauch der Haushalte nach Gebäudestandard [7]

Wie man aus der obigen Grafik sehen kann, sind Altbauten wahre Heiz- und Energieverschwender. Mit durchschnittlich 220 kWh/m²a verbrauchen sie fast viermal so viel Energie wie übliche Neubauten und ungefähr 15-mal so viel wie Passivhäuser. Zudem machen die älteren Gebäude (Baujahr vor 1977, dem Jahr des Inkrafttretens der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchVO)) etwa 80% des Wohngebäudebestandes in Deutschland aus. In Österreich verhält es sich ähnlich. Der Zuwachs von Neubauten und Sanierungen von Altbaubestand ist noch sehr gering aber steigend. Wie solche Standards die Heizkosten beeinflussen, wird im nachfolgenden Kapitel betrachtet.

2.7 Ökonomische Betrachtung des Passivbaus

Im folgenden Abschnitt wird betrachtet, welche finanziellen und baulichen Aufwendungen nötig sind, um eine Wohnung auf Passivhaus-Standard (durch Renovierung) zu bringen und welche Mehrkosten sich bei einem Passivhaus-Neubau ergeben.

2.7.1 Kosten bei Renovierung

Um eine Altbau-Wohnung auf Passivhaus-Standard zu bringen, sind große Veränderungen an dessen Basis zu tätigen. Neue Wände, Fenster, Türen und diverse andere Isolationen in Boden und Decke (oder Dach) sind durchzuführen, um eine gute Wärmedämmung zu erreichen. Oft reicht eine gute Wärmedämmung bei Altbau-Wohnungen nicht aus, sind zu teuer, oder können aus baulichen Gründen nicht komplett umgesetzt werden. In der Praxis werden somit oft nur die größten Wärmeverlustquellen ausgetauscht (alte Fenster oder Wände) um die Wärmedämmung zu steigern. Um trotzdem das Ziel zu erreichen, müssen die Wärmegewinne mit anderen (externen) Wärmequellen gesteigert werden. Dazu können Solaranlagen, Photovoltaik-Anlagen oder Ähnliches eingesetzt werden.

Eine Person mit einem durchschnittlichen Einkommen kann sich eine solche Renovierung normalerweise nicht ohne Weiteres leisten. Zurzeit ist Energiesparen aber ein Trend, der auch in der Politik erkannt wurde (siehe Kapitel 2.4). Dies spiegelt sich auch in den Förderungen wieder.

Das Referenzprojekt, welches ab Kapitel 6 behandelt wird, ist laut [8] kein wirtschaftlich sinnvolles Projekt, da die Renovierung eigentlich zu teuer ist. Es wurden zwar bisher viele Fördergelder eingeworben und der Hausherr renoviert seine Eigentumswohnung mit seiner eigenen Baufirma [8]. Die hochwertigen und wärmedämmenden Materialien sind trotzdem noch so teuer, dass laut [8] immer noch eine Mehrbelastung von 50% zu normalen Renovierungskosten bestehen. Der Grund, warum dieses Projekt aber trotzdem umgesetzt wird, ist das ehrgeizige Vorhaben, die Wohnung als Vorzeigeprojekt für eine Renovierung im Passivbau-Stils in Österreich werden zu lassen.

2.7.2 Kosten bei Neubau

Der Neubau ist günstiger als eine Renovierung, da von Anfang an auf die speziellen Bedürfnisse eines Passivbaus eingegangen werden kann. Es sind später keine teuren Umbauten erforderlich.

Es entsteht aber natürlich auch ein finanzieller Mehraufwand gegenüber dem normalen Hausbau. Eine besonders gute Wärmedämmung hat hohe Materialkosten, eine kontrollierte Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung, sowie spezielle Fenster und Sonderlösungen

(z.B.: Katzenklappen) treiben den Preis nach oben. Dafür kann aber auch auf einige Dinge verzichtet werden, wie Kaminzüge, die aufgrund der Wärmepumpe nicht mehr benötigt werden. Weiters sind keine Heizkörper, Wand- oder Fußbodenheizung und die dazu gehörige Technik mehr zu installieren. Ein zusätzlicher Raum für Heiz- oder Brennstoffe fällt ebenfalls weg. Insgesamt sinken auch die Unterhaltskosten für Warmwasser und vor allem der Heizung.

In der Praxis gehen die Werte der Literatur etwas auseinander. Laut [9] sollen circa 15 000€ Mehrbelastung (gegenüber normaler Bauweise) genügen. Manche Quellen sprechen auch von circa (5...8)% laut [2] oder (10...15)% laut [8]. Es gibt mittlerweile sogar Behauptungen einer Senkung im ORF [10], bereits Passivhäuser mit nur mehr 4% Mehrbelastung bauen zu können.

2.7.3 Ersparnisse

Aufgrund der Ersparnis an Energie und Heizkosten amortisiert sich die Umstellung auf den Passivhaus – Standard normalerweise schon in wenigen Jahren.

Im Vergleich zu einem Normalbau kann man laut [2] folgender Vergleich anführen:

Ein „normales“ Wohnhaus mit 130m² Wohnnutzfläche hat einen durchschnittlichen Heizenergieverbrauch pro m² und Jahr von 100 kWh/m²a. Dabei belaufen sich die Heizenergiekosten jährlich auf ca. 1000 €.

Ein Passivhaus mit ebenfalls 130m² Wohnnutzfläche hat hingegen nur einen Heizenergieverbrauch pro m² und Jahr von 15 kWh/m²a. Die Heizkosten für das gesamte Jahr belaufen sich somit nur auf 160 €. Dies ist weniger als ein Fünftel der Kosten eines normalen Wohnhauses.

Belaufen sich die finanziellen Mehraufwände beispielsweise auf 12 000€, so würde sich das Passivhaus schon ab 15 Jahre rentieren (Inflation des Geldes nicht berücksichtigt).

3. Energie und Wärme in einer Wohnung

In diesem Kapitel werden die wärmeenergetischen Eigenschaften von Wohnraum behandelt. Zu Beginn wird betrachtet, was der Mensch als angenehmes und gutes Wohngefühl empfindet. Der nächste Punkt behandelt Wärme und wie sich diese in Räumen ausbreitet. Danach werden typischen Wärme- und Energieerzeuger identifiziert und näher beschrieben. Dabei werden auch Überlegungen angestellt, wie man diese Wärmequellen am besten mit Sensoren überwachen kann. Dasselbe wird anschließend mit den Wärmeverlustquellen durchgeführt. Aspekte des Passivbaus werden hierbei stets berücksichtigt.

3.1 Behaglichkeit und Wohlbefinden

Behaglichkeit ist ein subjektives Gefühl, das von Mensch zu Mensch und von Geschlecht zu Geschlecht leicht verschieden ist. Einige Faktoren sind daher immer wesentlich beteiligt, um Behaglichkeit und Wohlbefinden in Wohnungen als Mensch zu empfinden. Folgende Faktoren laut [Kas07a],[Loh05],[11] wurden identifiziert:

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Sauerstoff (Frischluft)
- CO₂ Gehalt der Raumluft

Das Temperaturempfinden des Menschen selbst hängt mit seiner eigenen Wärmeabgabe zusammen. Darauf wird in Kapitel 3.3.5 noch näher eingegangen. Es sei nur kurz erwähnt, dass eine Person durchschnittlich circa 80 bis 115 Watt an Wärme abgibt. Dies ist hauptsächlich abhängig von Größe, Gewicht und momentaner körperlicher Tätigkeit der jeweiligen Person.

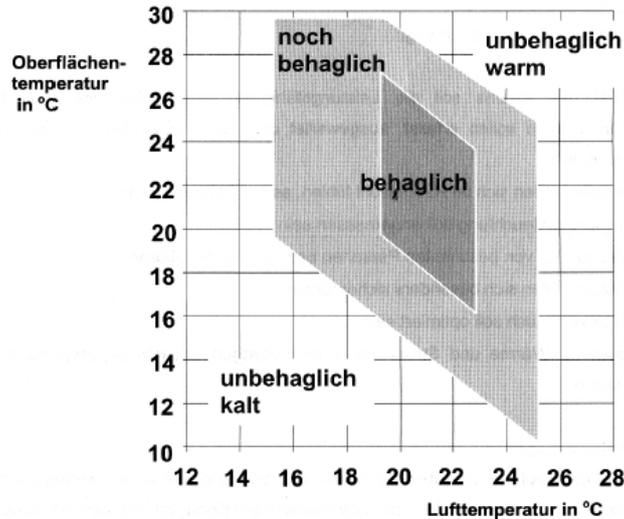


Abbildung 3: Zusammenhang Oberflächentemperatur und Lufttemperatur [Kas07a]

Die obige Grafik zeigt das Behaglichkeitsempfinden beim Durchschnittsmenschen, abhängig von der Lufttemperatur und der Oberflächentemperatur der Raumbegrenzungen (Boden, Wände, Decke, Dach, Tür, Fenster) in Wohnräumen.

Rein subjektive Faktoren beeinflussen auch das Raumklima, sind aber für die Betrachtung in dieser Diplomarbeit unerheblich. Der Vollständigkeit halber werden diese angeführt:

- Ambiente (Einfall des Sonnenlichts)
- Raumaufteilung und Raumordnung
- Einrichtung und Mobiliar, Farbgebung
- Pflanzen und Dekoration

3.2 Wärmeausbreitung in Räumen

In diesem Punkt wird allgemein beschrieben, wie sich Wärme im allgemeinen ausbreitet. Weiters wird betrachtet, welchen Effekten die Wärmeausbreitung in Räumen unterliegt, im Speziellen, wenn diese in Passivhauswohnungen eingesetzt werden.

Im Allgemeinen gibt es drei Möglichkeiten der Wärmeausbreitung

- Konvektion
- Wärmeleitung (Konduktion)
- Wärmestrahlung

3.2.1 Konvektion

Konvektion ist ein Mechanismus zur Wärmeübertragung von thermischer Energie von einem Ort zu einem anderen. Bei der Konvektion ist dieser Vorgang stets mit dem Transport von Teilchen verknüpft, welche die thermische Energie mitführen. In nicht-permeablen Festkörpern oder im Vakuum kann es somit keine Konvektion geben. Der Effekt der Konvektion ist in Gasen oder Flüssigkeiten kaum zu vermeiden, da es oft zu Vermischungen kommt [12].

3.2.2 Wärmeleitung

Unter Wärmeleitung (auch Konduktion, oder Wärmediffusion genannt), wird in der Physik der Wärmefluss eines ruhenden Stoffes oder Festkörpers in einen anderen ruhenden Stoff infolge eines Temperaturunterschiedes verstanden. Wärme fließt dabei aufgrund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik von selbst immer nur in Richtung geringerer Temperatur. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes geht dabei keine Wärme verloren. Bei der Wärmeleitung wird dabei reine thermische Energie transportiert, aber niemals Teilchen. Als Maß für die Wärmeleitung von bestimmten Stoffen wurde das Maß der Wärmeleitfähigkeit eingeführt [13].

3.2.3 Wärmestrahlung

Wärmestrahlung ist, neben den beiden anderen Methoden eine weitere Art, um thermische Energie von einem Ort zu einem anderen zu transportieren. Jedes Objekt in der Natur, das über 0° Kelvin besitzt, gibt thermische Energie als elektromagnetische Strahlung ab. Dabei findet kein Transport von Teilchen statt. Somit funktioniert dies auch im luftleeren Raum.

Die abgegebene Wärmestrahlung ist stark abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des Körpers. Diese Abstrahlungseigenschaft wird durch den Emissionsgrad angegeben. Glatte und helle Oberflächen, wie zum Beispiel ein Spiegel, haben einen sehr niedrigen Emissionsgrad. Schwarze und raue Oberflächen dagegen haben einen starken Emissionsgrad.

Nicht nur die Abgabe von Wärmestrahlung ist wichtig, sondern auch dessen Aufnahme. Hierbei können drei Typen unterschieden werden:

- Absorption
- Transmission
- Reflexion

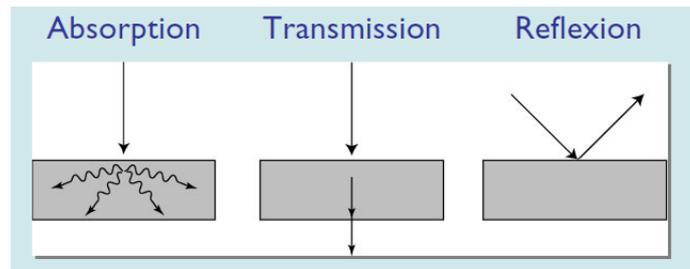


Abbildung 4: Reflexion von Wärmestrahlung [14]

Dabei sei erwähnt, dass diese Effekte fast immer gleichzeitig auftreten, je nach Beschaffenheit des Körpers unterschiedlich stark.

Bei der Absorption wird die Wärmestrahlung am besten vom jeweiligen Körper aufgenommen. Hier gilt im Übrigen der Grundsatz: Körper, die gut Wärme aufnehmen, geben diese auch gern ab. Abstrahlung und Absorption sind somit immer eng miteinander gekoppelt. Bei der Transmission gleitet die Wärmestrahlung durch den Körper hindurch, ohne thermische Energie freizusetzen. Bei der Reflexion wird die Wärmestrahlung reflektiert und in eine andere Richtung gelenkt. Dabei wird ebenfalls keine thermische Energie aufgenommen [15].

3.2.4 Luft-Erwärmung

Luft ist ein Gemisch aus verschiedenen Gasen und Wasserdampf. Dabei gilt, dass kalte Luft weniger Wasserdampf aufnehmen kann als warme Luft. Hauptbestandteile unserer Atemluft sind Stickstoff (N_2) mit circa 78% und Sauerstoff (O_2) mit 21%. Die restlichen Bestandteile sind ein Mix aus diversen Stoffen wie Argon, Kohlendioxid und noch vielen mehr [16].

Unter Normalbedingungen (1 bar Druck; Raumtemperatur 20°C) besitzt Luft eine Dichte von $1,293 \text{ kg/m}^3$. Laut [17] benötigt man 1 J (Joule), um 1g Luft um 1°C zu erwärmen. Um 1 m^3 Luft bei Normalbedingungen um 1°C zu erwärmen, benötigt man demnach 1293J.

$$1293\text{J} = 1293 \text{Ws}$$

Dies entspricht $\frac{1293}{3600} = 0,359167 \text{ Wh}$

Bei einer Wohnung, wie dem Referenzprojekt mit 655 m^3 ergibt das eine Leistung von $0,235 \text{ kWh}$, um in einer Stunde nur die Luft in der gesamten Wohnung um 1°C zu erwärmen.

3.2.5 U-Wert und Passivhaus-Standard

Wie bereits öfter erwähnt, ist die Dämmung von Wohnhäusern wichtig, um Wärmeenergie im Wohnbereich zu halten. Zur Charakterisierung, wie gut die Dämmeigenschaften eines Materials sind, wurde der U-Wert (früher K-Wert) eingeführt. Er ist eine Maßeinheit für den Wärmeübergang, zum Beispiel für Wände. Dabei ist definiert: „U gibt die Wärmemenge je Zeiteinheit an, die insgesamt durch 1 m^2 Bauteil der Dicke $d[\text{m}]$ hindurchgeht, wenn zwischen den innen und außen angrenzenden Medien ein Temperaturunterschied von 1°K besteht“ [Loh05]. U hat dabei eine Dimension von $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

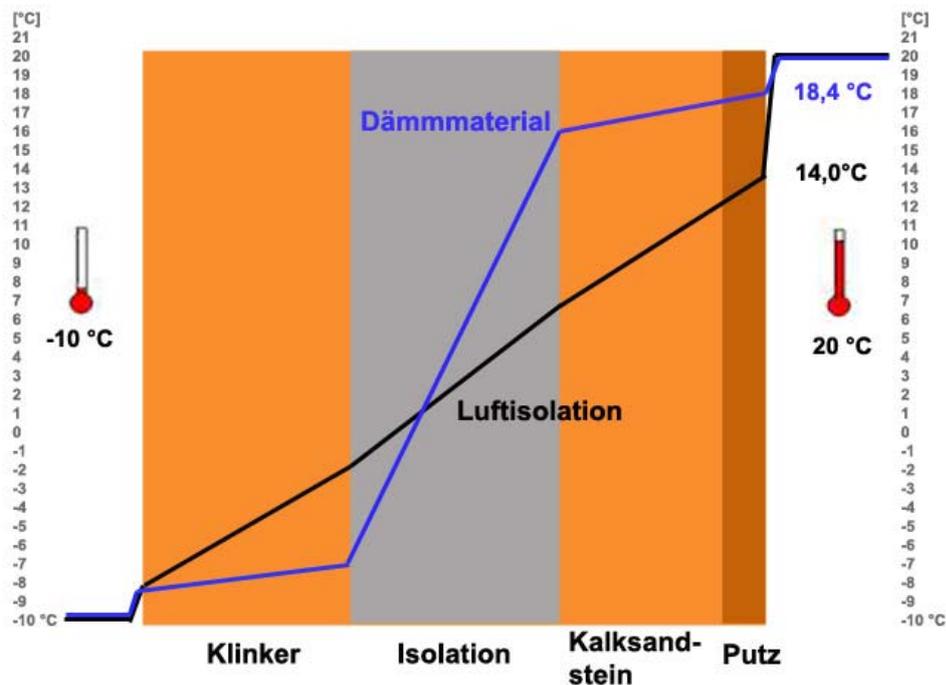


Abbildung 5: Temperaturverlauf in einer Mauer

Die Wand in Abbildung 5 besteht, wie man sehen kann, aus mehreren Schichten. Die blaue Linie zeigt den Verlauf der Temperatur durch die Wand, wenn keine zusätzliche Isolierung (Luft) vorgenommen wird. Dabei wird ein U-Wert von $1,78 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ erreicht. Bei einer Außentemperatur von -10°C würde sich eine Innenwandtemperatur von $14,0^\circ\text{C}$ einstellen. Die grüne Linie zeigt den Temperaturverlauf bei Einsatz von zusätzlichem Dämmmaterial. Der U-Wert dieser Wand verbessert sich dabei auf $0,40$

$W/m^2 \text{ } ^\circ K$. Bei einer Außentemperatur von $-10^\circ C$ würde sich nur eine Innenwandtemperatur von $18,4^\circ C$ einstellen [18].

3.3 Wärmequellen in Wohnungen

In Wohnungen gibt es die verschiedensten Wärmequellen. Diese werden im Allgemeinen unterteilt in interne Wärmegewinne (Q_i) und in solare Wärmegewinne (Q_s). Die Summe aus beiden ergibt dann die gesamten Wärmegewinne (Q_g). Zusammengefasst und berechnet wird dies in der so genannten Wärmebilanz [Loh05].

Unter internen Wärmequellen versteht man Geräte und Menschen, die in den Wohnungen Wärme produzieren. Bei den internen Quellen wird noch unterschieden zwischen aktiven und passiven Quellen. Eine aktive Quelle ist ein Gerät, das speziell für die Wärmeerzeugung eingesetzt wird (z.B.: Heizung, Kamin, Klimagerät,...). Eine passive Wärmequelle ist ein Gerät, Mensch oder Tier, welches nicht primär als Wärmeerzeuger auftritt, sondern die Wärme ein „Nebenprodukt“ seines Betriebes (oder Aktivität) ist.

Es wurden nun folgende passive und aktive Wärmequellen als die Wichtigsten identifiziert.

- Lampe (passiv)
- Elektro- Küchengeräte (passiv)
- Personen, Tiere (passiv)
- Heizung, Klimageräte (aktiv)

3.3.1 Licht und Lampen

Licht und Lampen besitzen im Allgemeinen einen schlechten Wirkungsgrad, was die Lichtausbeute betrifft. Das meiste an Energie geht bei herkömmlichen Lampen mit Glühdraht als Wärme verloren. Energiesparlampen besitzen dabei schon einen besseren Wirkungsgrad (siehe Tabelle 2).

Die Lichtausbeute berechnet sich aus dem abgegebenen Lichtstrom und der aufgenommenen Leistung. Die Lichtausbeute wird in lm/W (Lumen/Watt) angegeben.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die gängigsten Lampentypen und deren Lichtausbeute. In der rechten Spalte steht der dazugehörige

Wirkungsgrad. Was nicht in Licht umgewandelt wird, wird zum größten Teil als Wärmestrahlung abgegeben.

Kategorie	Typ	Lichtausbeute (lm/W)	Wirkungsgrad
Verbrennung	Kerze	0,1	0,015 %
	Starklichtlampe	5	0,7 %
Glühlampe	5-W-Glühlampe	5	0,7 %
	40-W-Glühlampe	12	1,7 %
	100-W-Glühlampe	15	2,1 %
	Glas-Halogen	16	2,3 %
	Quarz-Halogen	24	3,5 %
	Hochtemperatur-Glühlampe	35	5,1 %
Leuchtstofflampe	5–26 W Energiesparlampe	45–70	6,6–10,3 %
	26–70 W Energiesparlampe	70–75	10,3–11,0 %
	Leuchtstoffröhre, mit induktivem Vorschaltgerät	60–90	7 %
	Leuchtstoffröhre, mit elektronischem Vorschaltgerät	80–110	11–16 %
Leuchtdiode	effizienteste weiße LEDs am Markt	35–100	5–15 %
	weiße LED (Prototyp, in Entwicklung)	bis 150	bis 22 %
Bogenlampe	Xenon-Bogenlampe	typ. 30–50; bis 150	4,4–7,3 %; bis 22 %
	Quecksilber-Xenon-Bogenlampe	50–55	7,3–8,0 %
Gasentladungslampe	Hochdruck-Quecksilberdampf Lampe	36 - 60	bis 8,8 %
	Halogenmetall dampflampe	93 -104	bis 15 %
	Natriumhochdrucklampe	150	22 %
	Natriumniederdrucklampe	200	29 %
	1400-W-Schwefellampe	95	14 %
Theoretisches Maximum		683	100 %

Tabelle 1: Wirkungsgrad von Beleuchtungskörpern [19]

Je nach dem, welche Glühbirnen wo und wie in einem Haushalt eingesetzt werden, kann man auf einen entsprechenden Wärmegewinn in der Wohnung schließen.

Sensorische Überwachung

Hier nun eine Auflistung, mit welchen Mitteln man die gewünschten Werte messen kann:

- Energieaufnahme der Lampe mit Leistungsmessung
- Abgegebene Lichtmenge mittels Lichtstärkemessung
- Abgegebene Wärmeabstrahlung mittels Temperaturmessung

Näherungsweise genügt es, den Einschaltvorgang zu überwachen. Bei Kenntnis der Leistungsaufnahme und Wirkungsgrad kann die abgegebene Wärme rechnerisch ermittelt werden.

3.3.2 Elektro- und Küchengeräte

Je nach Modell und Typ sind Elektrogeräte stark verschieden, was ihre Leistungsaufnahme und Wärmeabgabe betrifft. Die meisten Elektrogeräte haben außerdem nur kurze Betriebszeiten, bei denen es zu relevanter Wärmeentwicklung kommen könnte. Ein Föhn zum Beispiel produziert viel Wärme, aber eben nur wenige Minuten. Geräte mit längerer Verwendungsdauer, wie ein Fernseher oder PC, geben über einen längeren Zeitraum relativ viel Wärme ab. Im Folgenden werden typische Elektrogeräte im Haushalt und Küche betrachtet und auf ihre Wärmeabgabe untersucht.

Mikrowelle, Elektrogrill

Eine Mikrowelle oder ein vergleichbarer Elektrogrill nehmen während seiner Betriebszeit viel Leistung auf (0,6...1,5)kW. Eine Mikrowelle wandelt seine Leistung großteils in Mikrowellenstrahlung um, um Wassermoleküle in Schwingung (= Wärme) zu versetzen. Eine relevante Wärmeabgabe entsteht dabei aber nicht. Ein Elektrogrill oder Elektroofen erhitzt Heizspulen mittels Strom. Diese strahlen die Wärme ab und erwärmen somit die Lebensmittel. Dabei wird viel Wärme produziert. In einem normalen Haushalt sind solche Elektroöfen höchstens eine Stunde am Tag in Betrieb. Die produzierte Wärme ist dabei sicher messbar, aber in Summe nicht ausschlaggebend. In Großküchen, wo größere Öfen im Dauerbetrieb sind, ist die Wärmeentwicklung aber beträchtlich[20].

Haartrockner, Föhn

Ein Haartrockner oder Föhn zeichnet sich durch hohe Leistungsaufnahme (1...2,5)kW und starke Wärmeabgabe aus. Jedoch werden diese zu kurz eingesetzt um eine Wärmeabgabe zu erreichen, die einen langfristigen Heizeffekt hätte [21].

Fernsehapparat, Bildschirme

Bei den Fernsehapparaten gibt es zurzeit den Wandel vom Röhrenbildschirm (50...100)W zum Flachbildschirm mit Plasma- (350W) oder LCD- Technik (~200W) [22]. Röhrenbildschirme selbst brauchen nicht mehr nicht mehr betrachtet werden, da diese kaum eine Wärmeentwicklung haben. Neuere Geräte besitzen hingegen viele Halbleiterbauelemente und produzieren somit, aufgrund der relativ langen Betriebszeiten, viel Wärme. Bei Computermonitoren verhält es sich genauso.

Computer (Stand-PC)

Computer, im Speziellen der Stand-PC, benötigt viel Energie. Netzteile von (200...800) Watt versorgen den PC von heute mit Strom. Hier kommt es schon zu einer Wärmeentwicklung. Weiters sind die Elemente im Computer große Wärmeproduzenten. Ein typischer PC von heute gibt somit im Schnitt ~90% der Leistung an Wärme ab. Dies entspricht schon einer beachtlichen Heizleistung [23].

Um den hohen Energieverbrauch bei neuen PCs zu reduzieren, wurde der Standby-Zustand eingeführt. Bei längerer Nicht-Benutzung des PCs kann dieser selbstständig in diesen Zustand wechseln. Dabei werden per Software fast alle Komponenten des Computers deaktiviert (nur die allernötigsten bleiben aktiv) und somit Leistung eingespart (nur mehr (10...20)% der Leistung). Wird der PC wieder in Betrieb genommen, kann dieser rasch seinen Arbeitszustand wieder herstellen.

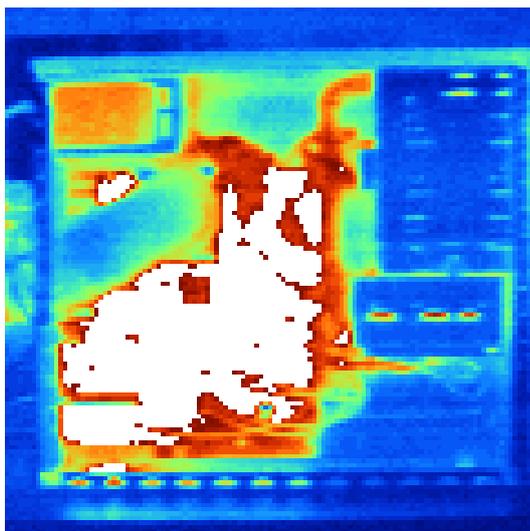


Abbildung 6: Stand-PC im Betrieb, mit offenem Gehäuse [24]

Bei Stereoanlagen verhält es sich ähnlich wie beim Stand-PC. Das Netzteil braucht am meisten Energie und gibt auch (in der Regel) am meisten Wärme ab. Die Leistungsaufnahme ist dabei abhängig von Typ, Bauweise und Hersteller der Stereoanlage. Die Werte können dabei von einigen 100 bis unter 5 Watt gehen. Meist befindet sich nur ein kleiner Hinweis auf der Rückseite der Anlage.

Sensorische Überwachung

Da alle hier besprochenen Geräte mit elektrischem Strom betrieben werden, lassen sich diese wieder mit einer einfachen Temperatur- und Leistungsmessung überwachen.

- Abgegebene Wärmestrahlung durch Temperaturmessung
- Aufgenommene Energie durch Leistungsmessung (Watt)

3.3.3 Der Mensch als Wärmequelle

Wie bereits in vorherigem Kapitel erwähnt, produziert der menschliche Körper laut [Loh05] eine Wärmeabgabe von durchschnittlich 80 bis 115 Watt. Der Mensch ist somit eine starke Wärmequelle in einem Haushalt. Der menschliche Körper heizt sich dabei quasi selbst und ist mit seinen 36 bis 37°C meist das wärmste Objekt in seiner Umgebung. Dabei hält er seine Wärmeabgabe überwiegend konstant. Gibt ein Mensch überdurchschnittlich viel Wärme ab (ohne körperlicher Betätigung), so versucht sein Körper sich selbst zu wärmen und dem Menschen ist meistens kalt oder er ist krank. Eine Heizung heizt somit eigentlich nicht

den Menschen, sondern verhindert, dass dieser auskühlt und selbst sehr viel Energie aufbringen muss, um seine Temperatur konstant zu halten.

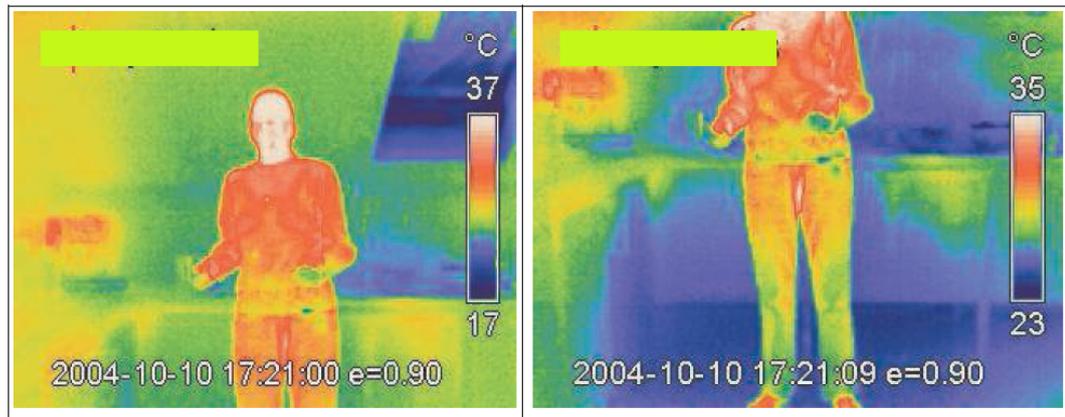


Abbildung 7: Thermogramm eines menschlichen Körpers im Inneren eines Gebäudes; aufgenommen bei Raumtemperatur 23 °C [25]

Eine komplette Tabelle über verschiedene Werte der Wärmeabstrahlung des Menschen findet sich in Quelle [Loh05]. Weiteres befindet sich einer detaillierte Berechnung abgestrahlter Wärme in Quelle [25].

Der Mensch gibt seine überschüssige Wärmeenergie an seine Umgebung in verschiedenen Formen ab. Hierbei gehen die Werte aus der Literatur leicht auseinander, daher werden im folgenden Wertebereiche angegeben [26].

- Atmung
- Wärmeleitung
- Konvektion
- Wärmestrahlung

Über die Atmung gibt der Mensch in der Regel warme Luft ab. Bei Raumtemperatur besitzt eingeatmete Luft 20°C und eine Luftfeuchtigkeit zwischen 20 und 50%. Die ausgeatmete Luft besitzt hingegen beinahe Körpertemperatur (37°C) und 100% Luftfeuchtigkeit. Die Wärmeverluste befinden sich hier bei circa (10...20)%.

Über Wärmeleitung, dem direkten Kontakt mit der Umgebung, zum Beispiel mit den Fußsohlen, gibt jeder Mensch ebenfalls Wärme ab. Je größer die Kontaktfläche und je größer der Temperaturunterschied ist, umso größer ist der Wärmefluss. Die Verluste sind hier aber eher gering und liegen bei 5 – 10%

Durch die Konvektion, der Luft, die uns ständig umströmt, geben wir ständig Wärme ab. Je kälter die Temperatur dieser Luft ist und je größer die Luftgeschwindigkeit, desto größer ist die Wärmeabgabe. Sie liegt hier bei circa (10...20)%.

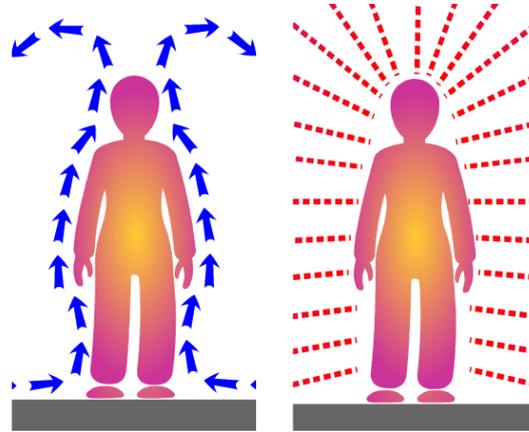


Abbildung 8: Wärmeabgabe eines Menschen durch Konvektion (links) und durch Wärmestrahlung (rechts) [26]

Bei der Wärmestrahlung des menschlichen Körpers wird die meiste Wärmeenergie, bis zu 70%, abgestrahlt. Je größer der Temperaturunterschied zwischen der Person und seiner Umgebung ist, umso größer ist der Energiefluss. Somit ist auch nun klar, warum die Oberflächentemperaturen unserer unmittelbaren Umgebung (Wände, Böden, Decken, Einrichtungsgegenstände) so einen direkten Einfluss auf unser Behaglichkeitsgefühl haben.

Sensorische Überwachung

Die sensorische Überwachung des Menschen gestaltet sich am schwierigsten. Dieses Thema wird in Kapitel 4.1.9 noch näher beleuchtet. Es folgt hier nur eine kurze Auflistung, welche Möglichkeiten man hat, um die Wärmeabgabe eines Menschen in einem Wohnbereich zu bestimmen.

- Wärmestrahlungsmessung durch Temperaturmessung am Körper
- Wärmestrahlungsmessung mittels Thermographie (Wärmebildkamera)
- Durch Präsenzerkennung oder durch manuelle Eingabe der Präsenz von Personen, dem System die entsprechenden Werte mitteilen.

3.3.4 Heizung und Klimageräte

Heizungen sind naturgemäß die größten Wärmeerzeuger und grundsätzlich immer große Energieverbraucher in einem Haushalt. Da Energie, in welcher Form auch immer, viel Geld kostet, geht der Trend beim Hausbau, und auch in immer mehr Stadtwohnungen zum Niedrig-Energie-Standard, wenn nicht sogar zum Passivhaus-Standard. Bestes Beispiel dafür ist das Referenzprojekt. Bei Passivhäusern oder Wohnungen nach Passivhaus-Standard wird versucht ohne Heizung auszukommen, und nur über passive Wärmequellen das Haus oder die Wohnung zu heizen.

Es gibt viele verschiedene Arten von Heizungen, die hier der Übersicht halber kurz aufgelistet werden.

- Fernwärme
- Erdwärme
- Solare Gewinne
- Elektrische Heizung
- Holzofen, Pellets-Ofen
- Zentralheizung mit Öl oder Wasser
- Klimaanlage

Sensorische Überwachung

Heizung und Klimageräte sind relativ einfach zu überwachen. Meist genügt eine einfache Temperaturmessung. Will man auf einen Wirkungsgrad schließen, muss man dies um eine Leistungsmessung der aufgenommenen Energie erweitern. Lediglich bei Geräten, die mit Naturprodukten wie Holz oder Gas heizen, ist dies etwas aufwendiger zu bewerkstelligen.

- Abgegebene Wärmestrahlung durch Temperaturmessung
- Aufgenommene Energie durch Leistungsmessung (Watt, Gasmenge, etc.)

3.3.5 Solare Gewinne

Als solare Gewinne werden Wärmeerträge bezeichnet, die durch die Sonneneinstrahlung erzielt werden. Dabei spielen Fenster die wichtigste Rolle. Die Größe der solaren Gewinne hängt von folgenden Faktoren ab:

- Fensterflächengröße
- Orientierung der Fensterflächen
- Neigung der Fensterflächen
- Gesamtenergiedurchlassgrad des Fensterglases
- Standort des Gebäudes

Der wichtigste Faktor ist jedoch die Sonne. Je nach ihrer aktuellen Strahlungsintensität können mehr oder weniger solare Gewinne erzielt werden.

Bei Home-Automation-Systemen spielen hier Jalousie – Steuerungen eine große Rolle. Durch die Steuerung des Lichteinfalls, kann man die solaren Gewinne gezielt steuern und regeln und in Heizungsregelungen integrieren.

Sensorische Überwachung

Um dies effizient zu gestalten, müssen Lichtintensität, Jalousie-Position und Wärmeaufnahme bestrahlter Flächen gemessen werden.

- Abgegebene Wärmestrahlung durch Temperaturmessung
- Lichtintensität durch lichtempfindliche Sensoren
- Status und Position einer Jalousie entweder durch elektronische Maßnahmen in der Jalousie (z.B.: Schrittmotor-Schritt-Zählung). Wenn keine Elektronik vorhanden ist, kann über Lichtschranken oder Lichtsensoren, die entlang des Fensters montiert werden, die Position der Jalousie detektiert werden.

3.3.6 Bilanzverfahren

Das Monatsbilanzverfahren und das Jahresbilanzverfahren geben Auskunft über den Heizwärmebedarf in einem Haushalt. Es sind standardisierte Verfahren zu dessen Berechnung. Als Beispiel wird hier das Monatsbilanzverfahren erklärt. Dabei werden die Wärmeverluste

$(Q_{1,M})$, Wärmegewinne $(Q_{g,M})$ und der Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne (n_M) über den Zeitraum eines Monats herangezogen, um den Heizwärmebedarf $(Q_{h,M})$ [in kW/M] zu ermitteln.

Die Hauptformeln zur Berechnung des Monatsbilanzverfahrens lauten dabei

$$Q_{h,M} = Q_{1,M} - n_M * Q_{g,M} \quad (0 \leq n_M \leq 1)$$

$$Q_p = (Q_{h,M} + Q_w) * e_p$$

Q_p ... Monatsheizwärmebedarf

Q_w ... pauschaler Zuschlag für Warmwasserbereitung

e_p ... primärenergiebezogene Anlagenaufwandszahl ($e_p \geq 0$)

e_p beschreibt dabei das Verhältnis der von den technischen Anlagen aufgenommenen Primärenergie zu der von ihr abgegebenen Nutzwärme (nach DIN V 4701-10). Je niedriger die Anlagenaufwandszahl ist, umso effizienter arbeitet das System. Eine genauere Beschreibung der restlichen Einheiten ist in entsprechender Fachliteratur nachzulesen, beziehungsweise in Quelle [Loh05] nachzulesen.

3.4 Wärmeverlustquellen

Es gibt eine Vielzahl von Wärmeverlustquellen in Haushalten:

- Lüftungswärmeverluste
- Transmissionswärmeverluste der Fenster und Fenstertüren
- Transmissionswärmeverluste von Wärmebrücken
- Transmissionswärmeverluste (allgemein Wände, etc...)

Wie diese Verluste im Detail zustande kommen, kann der entsprechenden Fachliteratur [Loh05] entnommen werden. Im folgenden Kapitel wird nur mehr zusammengefasst, in welchem Maße sich die oben genannten Verlustquellen auswirken.

3.4.1 Wärmeverluste im Haus

Es gibt viele verschiedene Quellen in Häusern und Wohnungen, wo es zu Wärmeverlusten kommen kann. In Abbildung 9 wurden die typische Wärmeverlustquellen aus [Loh05] zusammengefasst und dargestellt.

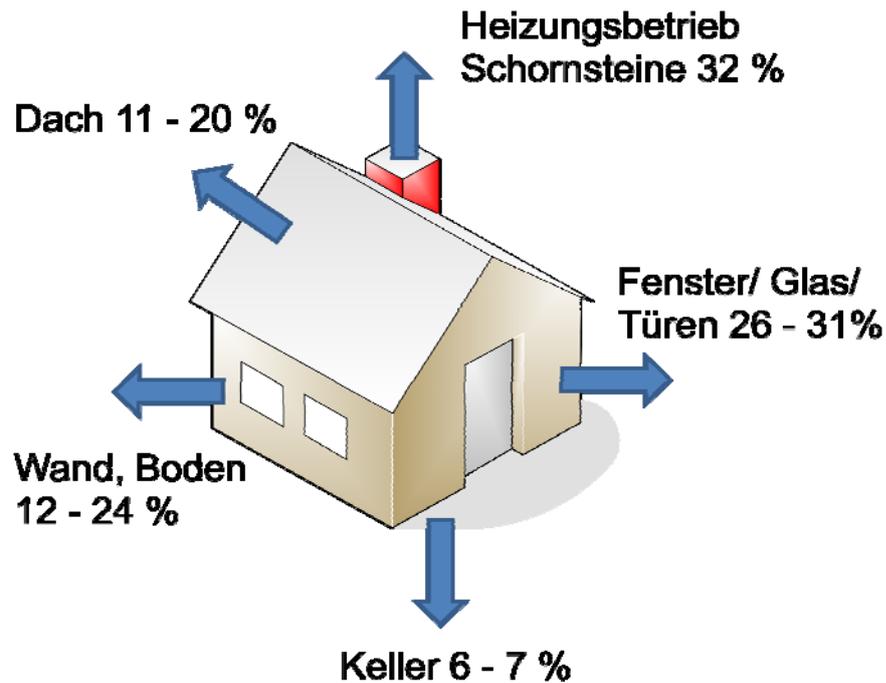


Abbildung 9: Wärmeverluste in einem freistehenden Einfamilienhaus

Passivhäuser zeichnen sich hier durch eine Minimierung der Wärmeverluste aus, welche zur Verringerung der Heizkosten und des Heizwärmebedarfs führt (siehe auch Kapitel 2.5).

3.4.2 IR-Abstrahlung, Wärmebild-Diagnostik

Zur realen Überprüfung von Wärmeverlusten in Wohnungen und Häusern werden verschiedene Techniken eingesetzt. Alte Techniken wie der Rauchttest und Dichtheitsprüfung werden immer mehr ersetzt durch aufwendigere und effizientere Methoden, um auch versteckte Quellen von Wärmeverlusten besser zu detektieren. Die zwei neuesten Methoden werden hier nun kurz vorgestellt.

3.4.2.1 Dichtheitsprüfung

Bei der Dichtheitsprüfung werden einzelne Räume oder auch ganzen Wohnbereiche auf deren Dichtheit überprüft. Dies wird meistens im Zusammenhang einer Wärmedämmung durchgeführt. Die Dichtheitsprüfung erfolgt dabei über Blower-Door-Verfahren [27]. Im Gebäude wird dabei ein Unter- bzw. Überdruck erzeugt. Es entsteht eine messbare Druckdifferenz, welche hilft, so genannte Leckagen (undichte Stellen) in Mauerwerk, Fenster oder Türen zu finden.

3.4.2.2 Thermographie

Eine weitere Technik ist die Thermographie von Wohnungen unter beheiztem Zustand. Hierbei erhält man einen guten Einblick in die Beschaffenheit der Wände, Fenster, Türen, Schornsteine usw. Dabei kann man leicht undichte Stellen und Risse entdecken, die mit bloßem Auge nicht erkennbar wären. Auch Wärmebrücken¹ können auf ihre Funktion hin überprüft werden.

Es folgen nun einige Beispiele von Wärmebildaufnahmen, um deren Leistungsvermögen zu veranschaulichen.



Abbildung 10: Gebäudethermographie: Mehrfamilienhaus (Aachen) [28]

Bei den obigen Bildern ist gut zu erkennen, wo die typischen Wärmeverlustquellen bei einem Haus liegen. Fenster und Schornsteine heben sich deutlich ab.

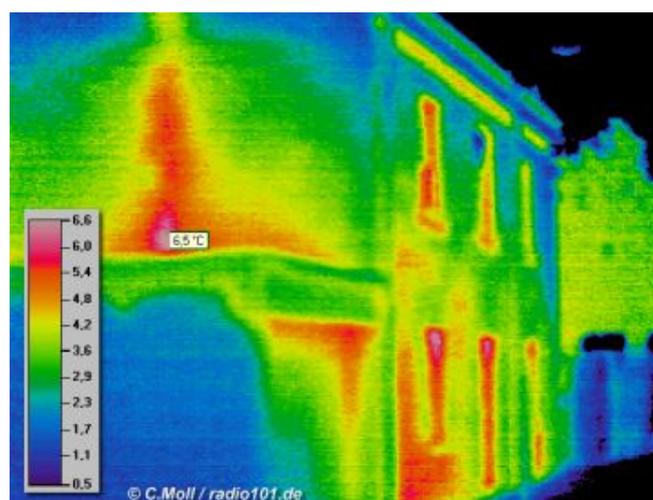


Abbildung 11: Wärmeverluste durch einen Kamin in der Wand [28]

¹Wärmebrücken sind Stellen, wo zwei verschiedene Elemente (zum Beispiel Fenster und Wand) aufeinander treffen.

In Abbildung 11 kann man gut erkennen, wieviel Energie bei schlecht isolierten Wänden verloren gehen kann. Ein Kamin hinter der Wand „strahlt“ richtig durch. Auch die Fenster sind hier wieder gut erkennbar.

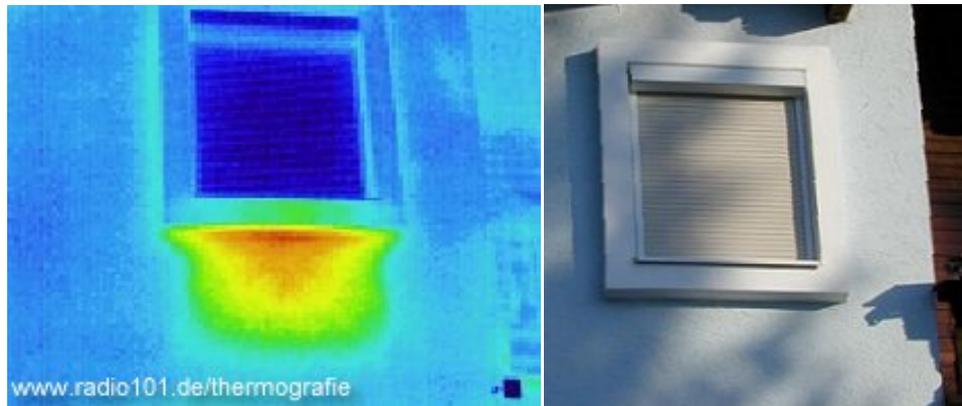


Abbildung 12: Gebäudethermographie: weiteres Beispiel für schlechte Isolierung [28]

Hier ein typisches Beispiel einer schlechten Isolierung. Ein Heizkörper unter dem Fenster und ein Mauervorsprung führen in diesem Fall zu einem Wärmestau unter dem Fenster. Die Wärme steigt nicht auf, sondern geht größtenteils in der Wand verloren.

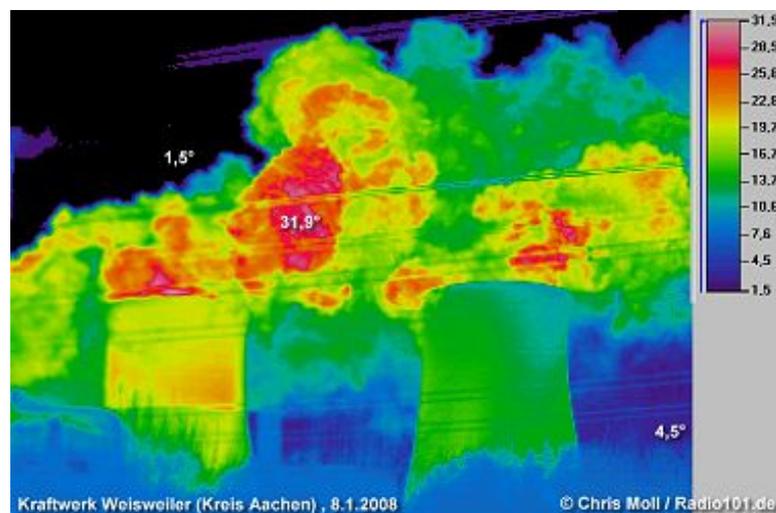


Abbildung 13: Kraftwerk Weisweiler, Kreis Aachen [28]

Das obige Bild zeigt ein Beispiel aus der Industrie. Eine Fabrik gibt, durch einen Kühlturm, heißen Wasserdampf mit einer Temperatur von ca. 32 °C ab.

3.5 U-Wert einer gesamten Wohnung

Zählt man alle Wärmegewinne und Verluste in einer Wohnung oder Haus nun zusammen, so bekommt man signifikante Größen über das Temperaturverhalten der Wohnung. Kennt man zusätzlich den mittleren Wärmedurchlasswiderstand R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$] aller Außenbegrenzungen (Mauern, Dach, Boden) so kann man, durch messen der Außentemperatur und der Innentemperatur, für die gesamte Wohnung einen mittleren U-Wert bestimmen [Loh05].

$$U_{\text{Mittel}} = 1/R_{\text{Mittel}}$$

Der Gesamt-U-Wert kann somit als Maß und Güte der Dichtheit und der Wärmespeicherung für die gesamten Wohnung herangezogen werden.

Misst man nur an bestimmten Außenstellen wie Dach, Boden oder einzelnen Außenwänden die Temperatur, so kann man für die jeweiligen Bereiche ebenfalls einen U-Wert ermitteln.

4. Sensorik, Sensortechnik und Sensortypen

Als Sensorik bezeichnet man in der Technik die Anwendung von Sensoren zur Messung und Kontrolle von Veränderungen in technischen, umweltlichen und biologischen Systemen [29]. Sensortechnik beschreibt dabei Systeme, in denen Sensoren miteinander verbunden und zu einem gemeinsamen Sensornetzwerk (zum Beispiel mit einem Bussystem) verbunden werden. Dieses Kapitel beschränkt sich aber zuerst auf die einzelnen Sensoren und deren Verwendbarkeit bei der Messung der im vorherigen Kapitel identifizierten Energie, und Wärmegewinn- sowie Verlustquellen.

4.1 Sensorarten

Im Folgenden werden verschiedenste Sensoren vorgestellt, die für eine komplette Überwachung aller relevanten Werte in einem Haushalt nötig sind. Dabei wird jeweils das Funktionsprinzip vorgestellt, sowie ein Hinweis auf deren Verwendbarkeit gegeben.

4.1.1 Schaltkontakte

Schaltkontakte sind einfache physikalische Öffner- oder Schließer-Kontakte. Es wird dabei mechanisch ein Schaltkontakt betätigt. Zum Beispiel als Taster oder Lichtschalter. Damit lassen sich alle möglichen Arten von elektronischen Schaltkreisen schalten. Um eine datentechnisch korrekte Auswertung eines Schaltkontaktes zu ermöglichen, muss man oft eine zusätzliche Entprell-Schaltung nachschalten, um mögliche Fehlschaltungen auszuschließen. Mechanische Schalter weisen nämlich ein leichtes Prellen beim Schaltvorgang auf.

Entprellen

Um einen Schaltvorgang zu Entprellen, beziehungsweise den Effekt des Prellens zu reduzieren, hat man zwei Möglichkeiten. Entweder Entprellung per Hardware, oder Entprellen per Software.

Bei der Entprellung per Hardware wird durch zusätzliches Nachschalten von elektronischen Bauelementen das Entprellen verringert oder unterdrückt. In der Einfachsten Form kann zum Beispiel ein Kondensator das Prellverhalten eines Schalters schon stark verringern.

Bei der softwaremäßiger Entprellung kann man Messpunkte eines Schaltvorganges aufnehmen. Ändert sich der Schalterzustand über einen

gewissen Zeitraum nicht mehr, so wird der Schaltvorgang als gültig erkannt.

4.1.2 Reed-Kontakte

Reed-Kontakte, beziehungsweise Reed-Relais sind magnetische Schalter, die einen Stromkreis schalten können. Im Prinzip besteht der Mechanismus aus zwei Elementen. Dem Reed-Kontakt (dem eigentlichen Schalter) und einem Magneten. Im Reed-Schaltkontakt befindet sich, ein in einem Glaskolben unter Vakuum oder Schutzgas stehender Bereich, in dem sich eine eingeschmolzene Kontaktzunge befindet. Die Kontaktzunge (Reed= engl. Zunge) bildet die Kontaktfeder und wird aus edelmetallbeschichtetem ferromagnetischem Material (z. B. Weicheisen) hergestellt. Die Kontaktbetätigung erfolgt durch ein von außen einwirkendes Magnetfeld, das von einem in die Nähe gebrachten Dauermagneten (Reed-Magnet) oder einer zugehörigen Magnetspule elektrisch erzeugt wird. Durch das Magnetfeld schließt oder öffnet sich die Kontaktzunge und betätigt den Schalter. Sobald das Magnetfeld abfällt oder eine bestimmte magnetische Feldstärke unterschritten wird, öffnet oder schließt sich der Kontakt, aufgrund der Federwirkung wieder.



Abbildung 14: Einfacher Reed – Kontakt [30]

Abhängig von der jeweiligen Bauform sind Reed-Kontakte geeignet zum Überwachen von vielen Arten von Schließmechanismen, wie zum Beispiel für Fenster, Türen, Lüftungsklappen, etc. [30].

4.1.3 Relais

Mechanische Relais sind elektromagnetisch wirkende Schaltkontakte, die durch elektrischen Strom ausgelöst werden. Dabei arbeiten diese meist nach dem Prinzip des Elektromagneten. Ein Stromfluss in einer Erregerspule erzeugt dabei ein Magnetfeld, welches einen ferromagnetischen Anker anzieht, der mit einem Schalter eines zweiten Stromkreises verbunden ist. Die Schaltkontakte bestehen dabei aus beweglichen Metallzungen. Der Schaltvorgang ist dabei oft mit einem

leichten Prellen begleitet, welches bei der Verwendung solcher Relais berücksichtigt werden muss.

4.1.4 Veränderliche Widerstände

Veränderliche Widerstände sind Widerstände, die ihren Widerstandswert aufgrund externer Einflussgrößen (Wärme, Druck, Licht, Spannung, Magnetfeld oder Feuchtigkeit) ändern. Der gemessene Wert (bei den meisten Arten) ist einer entsprechenden physikalischen Größe proportional [31].

Die wichtigsten Typen werden hier nun aufgelistet.

- Thermistoren - Temperaturabhängige Widerstände
- Druckabhängige Widerstände
- Feuchtigkeitsabhängige Widerstände
- Varistoren - Spannungsabhängige Widerstände
- Magnetfeldabhängige Widerstände
- Lichtabhängige Widerstände

4.1.5 Fotodioden

Fotodioden sind Halbleiter-Dioden, die sichtbares Licht, (je nach Ausführung IR-, UV- oder Röntgenstrahlen) an einem p-n-Übergang durch den inneren Fotoeffekt in einen elektrischen Strom umwandeln. Fotodioden werden oft in Optokopplern verwendet.

Fotodioden sind sehr klein produzierbar und finden Anwendung als Matrix in größeren optischen Systemen. In digitalen Foto- und Videokameras werden solche Sensoren als CMOS- und CCD-Sensoren bezeichnet. In der Mustererkennung finden Fotodioden Einsatz als Barcodescanner [32].

4.1.6 Fototransistor

Fototransistoren sind optisch empfindliche bipolare Transistoren, die im Gegensatz zu normalen Transistoren, durch den Einfall von Licht gesteuert werden, anstatt eines kleinen Basis-Emitter-Stroms. Licht wirkt in den Raumladungszonen des p-n-Überganges dabei ähnlich wie der Basisstrom. Fototransistoren werden ebenfalls oft in Optokopplern verwendet [33].

4.1.7 Kapazitive Sensoren

Fast alle kapazitiven Sensoren basieren auf demselben Prinzip. Zwei Platten (oder Membrane) bilden einen elektrischen Kondensator. Der zu messende Effekt verschiebt oder verformt die Platten und (oder) beeinflusst das Dielektrikum. Die Änderungen beeinflussen die elektrisch messbare Kapazität und sind somit messbar.

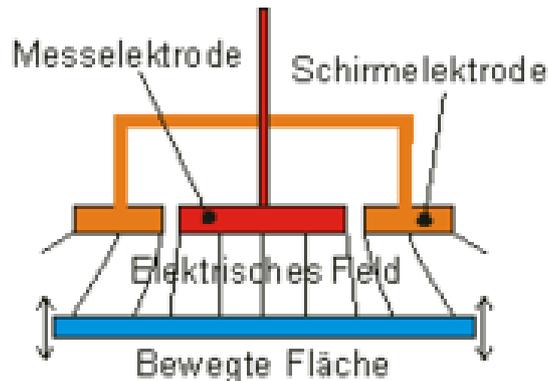


Abbildung 15: Prinzip von kapazitiven Sensoren [34].

Es gibt verschiedenste kapazitive Sensoren, wobei hier im Folgenden nur die wichtigsten Typen aufgelistet werden.

- Kapazitiver Drucksensor
- Kapazitiver Abstandssensor
- Kapazitiver Näherungsschalter
- Kapazitiver Spaltsensor
- Kapazitiver Beschleunigungssensor
- Kapazitiver Wegsensor
- Kapazitive Luftfeuchtmessung
- Kapazitive Gaskonzentrationsmessungen

Angemerkt sei, dass bei der Messung von Gasen oft spezielle Materialien und Bauformen nötig sind. Dies macht solche Sensoren in deren Anschaffung oft sehr teuer [34].

4.1.8 Induktive Sensoren

Induktive Sensoren beruhen auf dem Funktionsprinzip des Induktionsgesetzes. In einer Spule wird durch ein Magnetfeld Spannung induziert. Bei einem konstanten Magnetfeld ist zusätzlich Bewegung

(durch Magnetfeld oder Spule) erforderlich. Der Sensor kann auch selbst ein elektromagnetisches Feld aussenden, welches bei vorbeigeführten elektrisch leitendem Material Wirbelströme verursachen kann, und somit das Magnetfeld verändern kann (Hall-Sensoren).

Induktive Sensoren funktionieren somit berührungslos und verschleißfrei. Es lassen sich Winkel, Wege und Geschwindigkeiten messen [35].

Hier nun einige typische induktive Sensoren:

- Differentialtransformator
- Induktiver Wegaufnehmer
- Wirbelstromsensoren
- Induktive Näherungsschalter

4.1.9 Piezoelektrische Sensoren

Piezoelektrische Sensoren beruhen auf dem Effekt der Piezoelektrizität. Dieser Effekt beschreibt das Zusammenspiel von mechanischem Druck und elektrischer Spannung in Festkörpern. Es wird das Phänomen ausgenutzt, dass bei der Verformung bestimmter Materialien auf der Oberfläche elektrische Ladungen verschoben werden (direkter Piezoeffekt). Umgekehrt verformen sich diese (zumeist Kristalle) beim Anlegen einer elektrischen Spannung (inverser Piezoeffekt). Der Piezoeffekt ist damit in der Physik das Bindeglied zwischen der Elektrostatik und der Mechanik.

Der piezoelektrische Effekt ist allerdings bei allen bekannten Materialien relativ klein. Daher wird der gemessene Effekt nachträglich elektronisch verstärkt.

Es lassen sich mit piezoelektrischen Sensoren Kraftaufnehmer, Drucksensoren und Beschleunigungsaufnehmer realisieren [36].

4.1.10 Elektrochemische Sensoren

Elektrochemische Sensoren nutzen die unterschiedlichsten physikalischen Effekte, wie zum Beispiel katalytische Wirkungen, Ionisation oder Partialdruckunterschiede. Dafür sind meist bestimmte Materialien und Techniken nötig, um chemische Substanzen aufzuspüren.

Hier nur kurz ein Beispiel: Die Lambdasonde ist ein Sensor, mit dem man in Verbrennungsabgasen von Motoren das Verhältnis Luft zu Abgas

bestimmen kann. Diese Sensoren beruhen auf der Messung des Restsauerstoff, mittels der Ionenleitfähigkeit von Zirkoniumoxid.

4.1.11 Durchfluss- und Füllstand-Sensoren

In einem Haushalt gibt es, wie auch in der Industrie, viele Verbraucher, die auf flüssige oder auch gasförmige Substanzen angewiesen sind. Sei es ein einfacher Geschirrspüler, der Wasser verbraucht, oder der Gasofen, der mit Gas Speisen erhitzt oder der Warmwasserspeicher, der das Duschwasser erhitzt. Um Messwerte zu bekommen, ist es nötig, Durchflussmenge, Füllstand oder auch den Verbrauch festzustellen, wenn auf eine entstandene Wärmemenge geschlossen werden soll.

4.1.11.1 Füllstandüberwachung

Typische Einsatzgebiete für eine elektronische Füllstandmessung sind Gas- oder Wassertanks, die einen Haushalt versorgen. Je nach gewünschtem Grad der Überwachung gibt es mehrere Möglichkeiten, welche Sensoren und welche Technologie eingesetzt werden können. Für eine einfache Minimum–Maximum – Überwachung zum Beispiel könnten zwei Lichtschranken im Tank montiert werden, die je nach Füllstand Auskunft darüber geben, ob der Tank voll oder nahezu leer ist. Eine weitere Möglichkeit wäre der Einsatz eines kapazitiven Füllstandsensors. Dieser reagiert bei Kontakt mit dem Sensorelement, welches daraufhin seine kapazitiven Eigenschaften verändert. Daraus kann auf einen Füllstand geschlossen werden.

Um genauere Messungen des Füllstandes durchzuführen, können weit mehr physikalische Effekte der zu messenden Stoffe ausgenutzt werden. Dichte der Flüssigkeit, Druck eines Gases und auch die Schwerkraft können verwendet werden.

So genannte Schwimmer (oft in Benzintanks bei Autos eingesetzt) mit Schwimmkörper werden in Flüssigkeiten platziert (siehe Abbildung 17). Je nach Bauform nutzt man verschiedene Effekte aus. Am meisten Einsatz hat eine Methode, wo die Schwimmlage mittels Magnetkupplung, Torsionsrohr oder Biegeplatte in ein verwertbares Signal umgeformt wird. Eine alternative Bauform ist eine Art vertikales Schwimmer–Array. Dabei schalten die Schwimmer einen einfachen Schalter, je nach deren Lage. Sind sie in der Flüssigkeit, haben sie vertikale Ausrichtung, ansonsten stehen sie horizontal. Somit kann auf den Füllstand geschlossen werden.

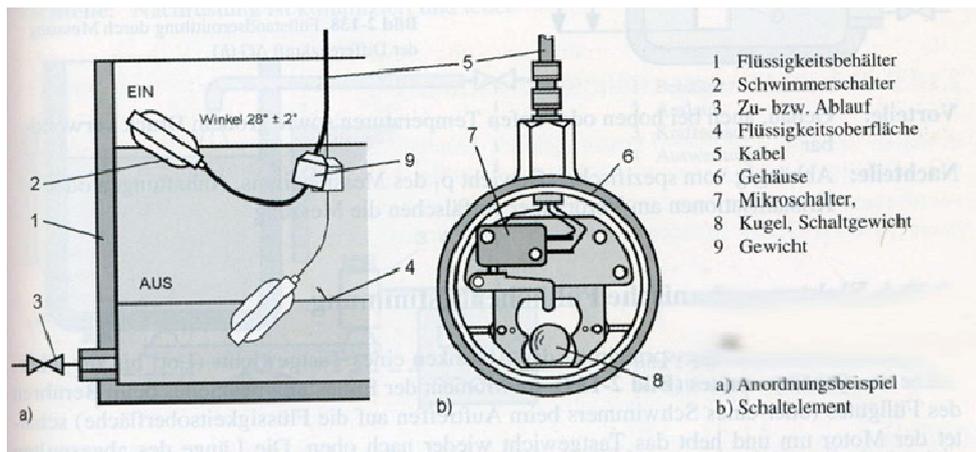


Abbildung 16: Links: Schwimmer mit Kopplung; Rechts: Schwimmer -Array [Hes04]

Weiters kann ein Schwimmer mit Lot verwendet werden. Dabei befindet sich einfach ein Gewicht am Ende des Schwimmers, das in der Flüssigkeit nach unten hängt. Je nach Typ kann dann detektiert werden, ob das Lot den Boden berührt, oder zum Beispiel, wie die Länge der Lot-Schnur ist, wenn sie den Grund berührt. Dieses Prinzip wurde früher in der Seefahrt eingesetzt. Heute verwendet man stattdessen das Echo-Lot-Verfahren in der Seefahrt.

Eine Reflexionslichtschranke kann ebenfalls eingesetzt werden, um einen Füllstand zu messen. Abhängig von den Reflexionseigenschaften des Inhaltsstoffes kann (wie in Abbildung 17 zu sehen) über die unten angeführte Formel der Füllstand gemessen und berechnet werden.

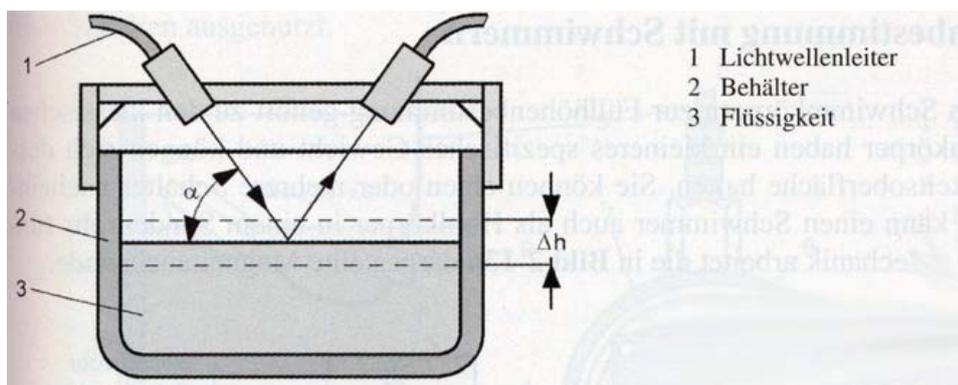


Abbildung 17: Füllstandbestimmung mittels Lichtschranke [Hes04]

Anstatt von Licht können auch Mikrowellen, Ultraschall, Laser oder auch Kernstrahlung eingesetzt werden.

Ein Drucksensor am Boden eines Tanks kann über die Masse und Dichte der eingefüllten Flüssigkeit auf einen Füllstand umgerechnet werden. Je mehr Flüssigkeit sich im Behälter befindet, umso größer ist der Druck, der auf den Boden ausgeübt wird. Die Dichte der Flüssigkeit muss dabei

aber bekannt sein, um ein korrektes Ergebnis zu bekommen. Anstatt eines Druckmessers wird in der Praxis und speziell in der Industrie oft eine Waage verwendet und anhand der Differenz des Gewichtes, Tank im leeren Zustand, und Tank mit Flüssigkeit oder Gas auf den Füllstand, zu schließen.

Eine weitere Methode ist der Einsatz eines Kondensators, der seine Kapazität, je nach Füllstand ändert. Bei dieser Realisierung spricht man vom Einsatz einer sogenannten kapazitiven Sonde. Hier gibt es wieder verschiedener Bauformen. Die weit verbreitetste Version ist der Zylinderkondensator, wie in Abbildung 18 zu sehen ist.

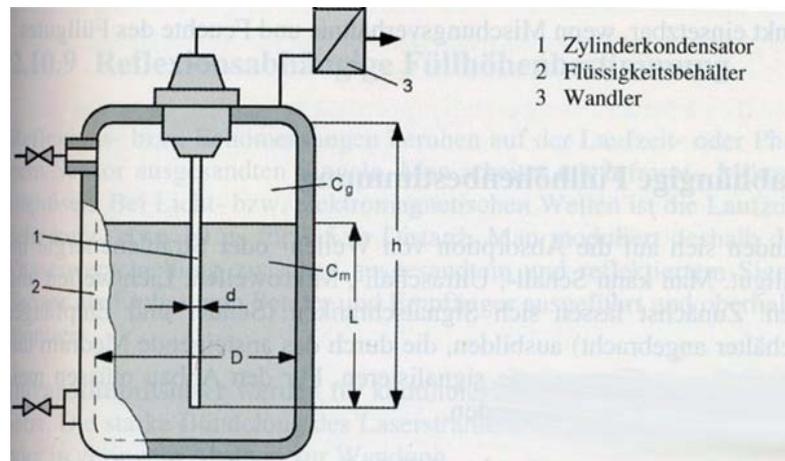


Abbildung 18: Kontinuierlich messende kapazitive Sonde [Hes04]

Zusammengefasst wurde aus Quelle [Hes04] folgende Tabelle gefunden, die zeigt, welcher Sensor für welche Anwendung am besten geeignet ist.

Methode	Sensor	kontinuierlich		Grenzstand		Messbereich in m
		Flüssigkeit	Schüttgut	Flüssigkeit	Schüttgut	
Visuell, optisch	Peilstab	x				0,1..5
	Schauglas	x				0,3...5
	Lichtleiterprisma			x		Einbauhöhe
Schwimmer	Schwimmkörper	x		x		0,5...12
	Schwimmerschalter			x		Einbauhöhe
	Verdränger	x				0,3...6
Elektromechanisch	Lot-System	x	x			10...70
	Waage	x	x			-
	Schwinggabel			x		Einbauhöhe
	Schwingrohr				x	Einbauhöhe
Drück	Staudruck			x		Einbauhöhe
	Hydrostratisch	x				0,3...10
	Einperlrohr	x				0,5..10

Konduktives Prinzip	Sonde			x		Einbauhöhe
kapazitiv	Sonde	x	x	x	x	0,3...20 Einbauhöhe
Absorption	Mikrowellen			x	x	Einbauhöhe
	Kernstrahlung	x	x	x	x	0...10
Reflexion	IR-Laser	x	x			1...20
	Radar	x	x			0...20
	Ultraschall	x	x	x	x	0,1...6

Tabelle 2: Füllstandsensoren – Übersicht [Hes04]

4.1.11.2 Durchflussmenge von Gasen und Flüssigkeiten

Hierbei gilt es zu erfassen, wie viel Flüssigkeit oder Gas durch einen Verbraucher genutzt wird. Dafür werden die Zu- und Ableitungsrohre verwendet, um die gewünschte Information zu erhalten.

Volumetrische Messungen

Sensoren, die mit dem Verdrängungsverfahren arbeiten, besitzen Hohlräume, die kontinuierlich mit der jeweiligen Substanz gefüllt und wieder geleert werden, ähnlich wie bei einem Verbrennungsmotor die Brennkammern. Es werden die Befüll- und Entleervorgänge gezählt und auf die übertragene Stoffmenge pro Zeiteinheit geschlossen.

Die bekannteste Methode zur Messung von Volumen ist mit Meßflügeln. Dabei versetzt der strömende Stoff die Meßflügel in Bewegung, zum Beispiel auf einer Turbine wie in Abbildung 20. Die Meßflügel sind genormt und aufgrund der Anzahl von Umdrehungen erhält man einen proportionalen Wert, der dem aktuellen Volumenstrom entspricht. Hierbei gibt es wieder die unterschiedlichsten Bauformen.

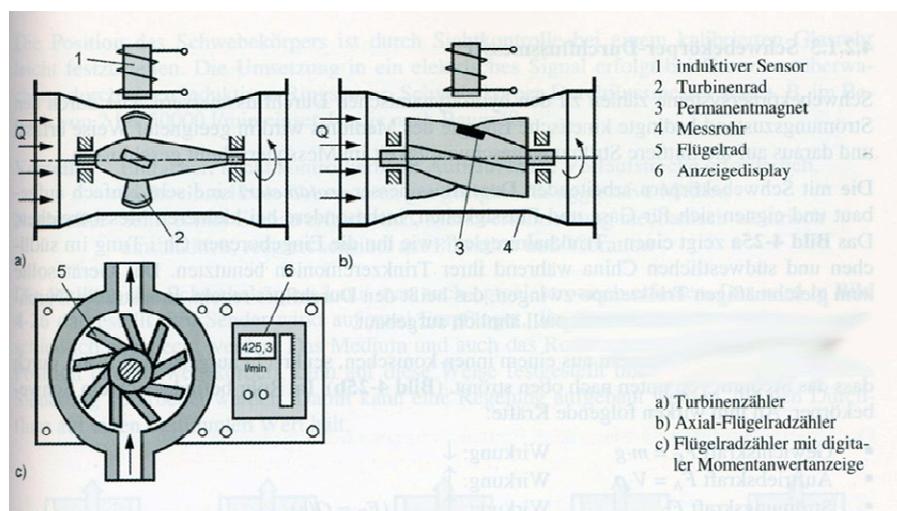


Abbildung 19: Durchflussmesser mit Messflügeln, [Hes04]

Der Vollständigkeit halber werden noch weitere Arten der Durchflusserfassung angegeben, aber nicht mehr im Detail betrachtet. Interessierte Leser können in Quelle [Hes04] nachschlagen.

- Schwebekörper-Durchflußmesser
- Wirkdruckverfahren
- Magnetisch-induktive Durchflußmessung
- Durchflußmessung mit Ultraschall
- Wirbelfrequenz – Durchflußmessung
- Messblende

4.2 Optoelektronische Sensoren

Optoelektronische Sensoren verarbeiten optische Informationen in elektrisch auswertbare Signale. Dazu werden die optischen Sensoren aus Kapitel 4.1 zu verschiedenen Sensorschaltungen kombiniert. Die gängigsten davon werden nun vorgestellt.

4.2.1 Lichtschranke

Die Lichtschranke ist ein elektrisch–optisches System, das aus einem Sender (einer Lichtquelle, meist IR-Licht) und einem Empfänger besteht. Als Sender wird heutzutage oft eine simple Leuchtdiode oder eine Laserdiode verwendet. Der Empfänger ist im Prinzip ein Fototransistor (wie beim Optokoppler), jedoch besitzt er einen offenen, beziehungsweise optisch zugänglichen Strahleneingang. Somit kann man große Lichtschranken mit relativ weit entfernten Lichtquellen aufbauen und im Empfänger überwachen, ob der Lichtstrahl unterbrochen wurde.

Um die Lichtschranke unempfindlich gegenüber Fremdlicht zu machen, und um sie vom Umgebungslicht unterscheiden zu können, wird die Strahlung (insbesondere der weit reichenden Modelle) zusätzlich moduliert. Die meisten die Bauteile (Fototransistor und Leuchtdiode) haben selbst bereits ein Tageslicht herausfilterndes Plastikgehäuse, was die Unterscheidung schon erleichtert. Um die Reichweite zu erhöhen, werden im Sender und im Empfänger oft bündelnde Sammellinsen vorgeschaltet um den Strahl zu fokussieren.

Man kann zwischen zwei Typen von Lichtschranken unterscheiden. Den Einweg-Lichtschranken (z.B. Gabelkoppler bzw. Gabellichtschranken) und

den Reflexlichtschranken. Der Unterschied ist eigentlich nur, dass sich bei Einweg-Lichtschranken ein Sender und ein Empfänger gegenüberstehen.

Bei der Reflexlichtschranke befindet sich Sender und Empfänger parallel im selben Gehäuse. Detektiert wird hier die Reflexion des ausgestrahlten Lichtes von einem Objekt, wenn dieses sich nähert. Es gibt wieder die verschiedensten Formen, wobei auch oft zusätzlich Retroreflektoren bzw. Rückstrahler eingesetzt werden, um die Reichweite und Effektivität zu erhöhen.

Neben der einfachen und typischen Version, wo nur ein Lichtstrahl verwendet wird, gibt es auch so genannte Lichtgitter oder Lichtvorhänge. Diese arbeiten mit mehreren Lichtstrahlen, um einen größeren Bereich überwachen zu können. Diese werden oft eingesetzt, um Zugänge für gesicherte Bereiche zu überwachen [37].

4.2.2 Bewegungsmelder

Der Bewegungsmelder ist von der Funktion her ein elektronischer Sensor, der Bewegungen in seiner näheren Umgebung erkennt und dadurch einen elektrischen Schalter steuern kann. Das Haupteinsatzgebiet des Bewegungsmelders ist das Einschalten von Beleuchtungen oder das Auslösen eines Alarms bei Detektierung.

Ein Bewegungsmelder kann entweder aktiv mit elektromagnetischen Wellen (Radar), mit Ultraschall (Ultraschall-Bewegungsmelder) oder passiv anhand der Infrarotstrahlung der Umgebung arbeiten. Es gibt auch Kombinationen verschiedener Techniken.

Der PIR-Sensor (von Passiv Infrarot) ist der am häufigsten eingesetzte Typ von Bewegungsmeldern. Er reagiert unter Ausnutzung der Pyroelektrizität seiner Empfängerfläche auf die Wärmestrahlung (mittleres Infrarot, $\sim 10 \mu\text{m}$ Wellenlänge) von Menschen, Tieren und Kraftfahrzeugen in seiner näheren Umgebung. Auf statische Wärmeunterschiede, die auf natürliche Weise hervorgerufen werden, reagiert er nicht, wie zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung. Nur sich relativ rasch ändernde Signale kann er wahrnehmen.

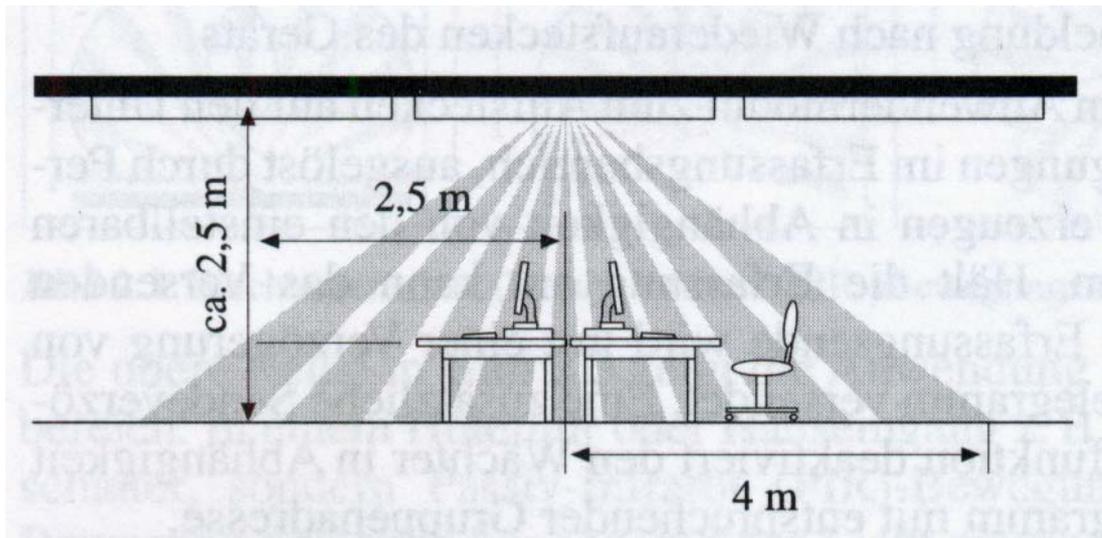


Abbildung 20: PIR – Sensor – Erfassungsbereiche [Ber06]

In der typischen Bauweise sind vor dem eigentlichen Sensor kleine Linsen angeordnet, welche die unsichtbare, aus verschiedenen Richtungen kommende Infrarotstrahlung auf den Sensor bündelt. Abbildung 20 zeigt einen solchen Sensor in einer Installation 2,5 Meter über einen Bürotisch. Wärmestrahlung, die aus den Zwischenbereichen eintrifft, die nicht mit mehr mit den Linsen passend abgelenkt werden konnte, erfasst der Sensor nicht mehr. Dieser Effekt wird mit steigender Entfernung zum PIR immer größer. Daraus ergibt sich somit ein begrenzter Erfassungsbereich um den Bewegungsmelder herum. Dies muss bei der Auswahl eines PIR berücksichtigt werden.

Die Detektierung selbst spricht an, wenn sich ein warmer oder kalter Gegenstand quer zu den erfassbaren Segmenten bewegt. Dabei ändert sich die Temperatur auf der Sensorfläche geringfügig, so dass ein elektrisches Signal erzeugt wird. Dieses Signal wird verstärkt und kann über ein Relais zum Beispiel eine Lampe ein- oder ausschalten. Zu beachten ist hierbei stets der Temperaturbereich des Sensors. In kalten Wintern (z.B.: durch lange Mäntel) oder heißen Sommern kann es sonst passieren, dass ein solcher Sensor nicht mehr reagiert. Der PIR-Sensor selbst sendet keine Strahlung aus und ist rein passiv.

Es gibt viele Bauformen und funktionelle Bauteile, die mit extra Modulen ausgestattet werden können, um z.B. an eine EIB/KNX (siehe Kapitel 5) angeschlossen werden zu können.

Wie bereits erwähnt können Bewegungsmelder, wenn sie durch ein Gebäude-Bussystem miteinander vernetzt sind, auch als Präsenzmelder

fungieren. Eine Installation an Wänden oder an der Decke kann die Anwesenheit von Personen im Raum detektieren und gegebenenfalls einer Steuerung weitergeben, die zum Beispiel das Raumklima steuert. Dasselbe Prinzip wird auch häufig bei Alarmanlagen eingesetzt. Hierfür gelten zertifizierte Bewegungsmelder laut [38].

4.2.3 Optokoppler

Der Optokoppler ist ein opto-elektronisches Verbund-Bauelement, welches aus einem Licht emittierenden und einem die Strahlung empfangenden Bauelement besteht. Üblicherweise ist der Sender aus einer Infrarot-Leuchtdiode (LED) und der Empfänger aus einer Silizium-Fotodiode oder einem Fototransistor aufgebaut. Sender und Empfänger sind typischerweise lichtgeschützt in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht. Der Zwischenraum zwischen Sender und Empfänger besteht aus einem lichtleitenden Isolator wie Glas oder Kunststoff.

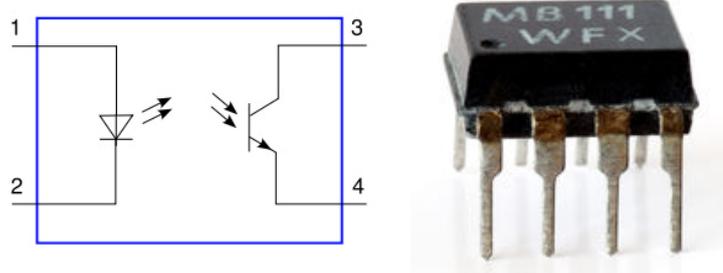


Abbildung 21: Links: Prinzip eines Optokopplers; Rechts: Beispiel eines Optokoppler-ICs [39]

Hauptzweck von Optokopplern ist die Übertragung einer Information bei gleichzeitiger galvanischer Trennung (elektrischer Isolierung) zwischen Ein- und Ausgangstromkreis.

Es gibt die verschiedensten Optokopplertypen in der Industrie. Um sie zu charakterisieren ist es nötig wichtige Kennwerte anzugeben. Diese werden hier nur zur Übersichtszwecken mit typischen Werten angeführt.

- Gleichstrom-Übertragungsverhältnis CTR (Verhältnis Eingang zu Ausgang, {30...100}%)
- Isolationsspannung {1,5...4} kV
- Isolationswiderstand (zwischen Eingang und Ausgang; $10^{13}\Omega$)
- Grenzfrequenz und Schaltzeiten (maximale Schaltfrequenz des Optokopplers; {50...200}kHz)

- Sperrspannung (Sperrspannung der Sendediode 5V; des Fototransistors (20...50)V)

In diesen Gehäusen der Optokoppler befindet sich oft etwas zusätzliche Elektronik, wie zum Beispiel ein Schaltverstärker. Daher haben Optokoppler in der integrierten Bauweise oft mehrere Anschlüsse [39].

4.3 Messauswertung

Die verschiedenen Sensoren liefern nun je nach zugehöriger Messschaltung verschiedene Spannungen und Ströme, die ihren jeweiligen physikalischen Größen proportional sind. Diese müssen mittels A/D²-Konverter für eine datentechnische Aufbereitung digitalisiert werden.

Dies übernimmt in der Regel das I/O-System der Hardware-Komponenten des zugrundeliegenden Hardware-Systems. Diese bestehen meist aus einem vernetzten Bussystem mit verteilten I/O-Knoten, welche in Kapitel 5 näher beschrieben werden.

4.3.1 Messung der elektrischen Leistung

Um auf die abgestrahlte Wärmemenge eines Elektrogerätes oder eines Beleuchtungskörpers zu schließen, kann die Leistungsmessung herangezogen werden. Dabei sollte man aber stets die speziellen Eigenschaften des jeweiligen Leistungskonsumenten berücksichtigen, da diese oft stark unterschiedlich sind. Erst dann kann man auf eine Wärmeentwicklung schließen, die abhängig von der aufgenommenen elektrischen Leistung ist.

Durch separates Messen des Stromes und der Spannung kann die elektrische Leistung berechnet werden, die ein Verbraucher konsumiert. Bei Gleichstrom ist dies relativ einfach. Bei Wechselstrom muss die zeitliche Komponente ($p(t) = u(t) * i(t)$) berücksichtigt werden.

² A/D- Konverter = Analog Digital Konverter

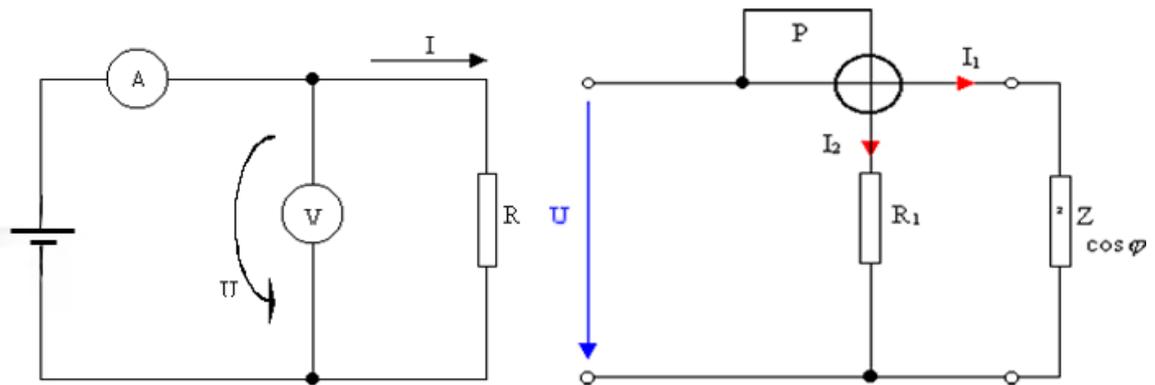


Abbildung 22: Links: Leistungsmessung Gleichstrom; Rechts: Einphasenwechselstrom – Leistungsmessung [40]

Man kann entweder Strom und Spannung separat mit eigenen Messgeräten messen, oder einen reinen Leistungsmesser verwenden. Diese verfügen über vier Anschlüsse und können über ihr elektrodynamisches Messwerk direkt die Leistung zu jedem Zeitpunkt messen. Der Leistungsmesser ist somit am besten geeignet für die Leistungsberechnung bei Wechselstrom. Es gibt hier auch mehrere Typen von Leistungsmessern, die auch mehrphasige Stromleitungen messen können. Diese können in entsprechender Fachliteratur [40] nachgelesen werden.

Zu jeder Leistungsmessung der oben beschriebenen Arten muss aber der Stromkreis aufgetrennt werden.

4.3.2 Indirekte Strommessung mittels Stromzange

Oft ist gewünscht, Leistung oder Strom zu messen, ohne den Stromkreis dafür unterbrechen zu müssen. Zu dieser indirekten Quantifizierung von Strömen eignet sich das Zangenamperemeter, auch Strommesszangen oder Stromzangen genannt. Bei diesem Messgerät wird die magnetische Wirkung des stromdurchflossenen Leiters ausgenutzt. Man erhält indirekt und berührungslos Information über einen Stromfluss.

Um das Magnetfeld des stromdurchflossenen Leiters zu ermitteln, wird ein zangenartiger Eisenkern verwendet, der den Leiter oder Stromschiene umfasst. Siehe Abbildung 23.



Abbildung 23: Messgerät Stromzange [41]

Durch dieses Prinzip der indirekten Messung können Geräte oder Anlagen überwacht werden, ohne abgeschaltet werden zu müssen. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die galvanische Trennung. Das Meßsignal ist gegenüber der zu messenden Größe somit vollkommen potentialfrei.

Es gibt Stromzangen für Wechselstrommessung und für Gleichstrom. Diese unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise. Wechselstromzangenamperemeter verwenden das entstandene elektromagnetische Wechselfeld, wie oben beschrieben. Gleichstromzangenamperemeter hingegen verwenden Hallensoren oder magnetfeldabhängige Widerstände, die auch statische Magnetfelder erfassen können [41].

4.4 Personenerfassung

Personenerfassung ist ein großer Bereich, in dem bereits sehr viele Anwendungen entwickelt wurden. Je nachdem, welche Genauigkeit gewünscht ist, gestaltet sich die Personenerfassung dabei unterschiedlich schwierig. Man kann dabei im Groben zwei Systeme unterscheiden. Ein passives System, indem die Personenerfassung ohne Zutun der Person vom System automatisch durchgeführt wird, und ein aktives System, wo Personen in irgendeiner Form, mit dem System interagieren müssen, um eine korrekte Funktion zu gewährleisten.

Weiter kann man noch unterscheiden, ob eine Identifizierung der Person möglich ist, und wie genau man die Position bestimmen kann. Diese Dinge werden nun im Folgenden betrachtet.

4.4.1 Passive Systeme

Passive Systeme benötigen keine Interaktion mit den Personen, die sie detektieren sollen. Die Präsenzmeldung soll voll automatisch ablaufen und „still“ im Hintergrund arbeiten. Es können dafür verschiedenste

Techniken und Technologien eingesetzt werden, die unterschiedlich gute Genauigkeit aufweisen. Einige davon werden nun vorgestellt.

4.4.1.1 Präsenzmeldung mittels Lichtschranken

Mittels einer oder mehrerer Lichtschranken lässt sich relativ einfach eine passive Zutrittserkennung von Personen realisieren.

Durch Montage am Eingangsbereich, zum Beispiel im Türstock, kann man das Betreten einer Person durch Unterbrechung des Lichtstrahls detektieren. Montiert man zwei oder mehrere Lichtschranken in vertikaler Richtung, kann man zusätzlich eine grobe Erkennung der Größe einer Person realisieren. Durch Anbringung zweier oder mehr Lichtschranken in horizontaler Richtung kann man zusätzlich die Laufrichtung und somit das Betreten und Verlassen der Person detektieren.

4.4.1.2 Präsenzmelder mittels Bewegungsmelder

Wie bereits in Kapitel 4.2.2 erwähnt, reagiert ein Bewegungsmelder auf Änderungen von Wärmestrahlung innerhalb eines gewissen Umgebungsradius. Bewegt sich nun eine Person in einem Raum, so kann man dies mit dem Bewegungsmelder feststellen und somit eine Präsenz detektieren. Berücksichtigen muss man hier, dass dadurch keine Information über die Anzahl der Personen und deren jeweiligen Eigenschaften (Größe, Gewicht) gewonnen wird. Es empfiehlt sich hier eine Kombination mit anderen Technologien, wie zum Beispiel einer Lichtschranke, um die Anzahl von Personen bestimmen zu können.

4.4.1.3 Kamerasysteme

Bei Kamerasystemen überwachen Video-Kameras den Wohnbereich. Mittels Bilderkennungssoftware können dann Personen erkannt und möglicherweise sogar identifiziert werden. Solche Systeme funktionieren bei optimalen Gegebenheiten (z.B.: optimale Lichtverhältnisse) relativ gut. Schlechten Gegebenheiten, die in der Praxis sehr häufig auftreten, müssen mit dem Einsatz spezieller Kameras (z.B.: mit Nachtsichtfunktion) kompensiert werden.



Abbildung 24: Personenzählung in einem Supermarkt [42]

Unabhängig von der verwendeten Kameras benötigt so ein System eine starke Rechenleistung für die Bildverarbeitung, sind sehr teuer und nur sehr aufwendig zu implementieren [42].

4.4.1.4 Wärmebildkamera

Zur Personendetektierung kann eine Kamera mit der Fähigkeit, Infrarot-Strahlung (=Wärmestrahlung) zu messen eingesetzt werden. Es gibt verschiedene Typen von Wärmebildkameras. Der gängigste Typ verwendet pyroelektrische Sensoren. Ähnlich wie bei einer Digitalkamera nimmt dabei die Kamera die Szenerie auf. Das „Wärme“-Bild wird durch eine spezielle Linse in der Kamera gebündelt und auf eine Matrix aus pyroelektrischen Sensoren projiziert. Diese ermitteln für jeden Punkt eine Temperatur (Wellenlänge). Es entsteht ein graustufiges Bild, welches die verschiedenen Wellenlängen der Temperaturen (Wärmestrahlung), charakterisiert. Da das menschliche Auge aber schlecht Helligkeit, aber sehr gut Farben unterscheiden kann, werden solche Bilder oft per Software eingefärbt. Man spricht hier auch von so genannten "Falschfarben"-Aufnahmen.

In Kapitel 3.3.3 findet man ein Bild eines Menschen, das mit einer Wärmebildkamera aufgenommen wurde.

Wie auch bei herkömmlichen Überwachungskameras wird mittels Bilderkennungssoftware gearbeitet, um eine Personenerkennung zu realisieren. Solche Systeme sind in der Anschaffung noch teurer als herkömmliche Überwachungskamera-Systeme, benötigen ebenfalls starke Rechenleistung und sind aufwendig zu implementieren.

Mit diesen Kameras würde man die besten Ergebnisse zur Personenerfassung erzielen. Man würde Information über die Anzahl der Personen und deren jeweilige Position erhalten, sowie auch über die Wärmeabstrahlung, die abgegeben wird. Bei guter Software können sogar einzelne Personen damit identifiziert werden [43].

4.4.1.5 Laserabtastung

Ein weiteres Verfahren zur Personenzählung kann mittels Laserabtastung realisiert werden. Ein solches Messsystem tastet mittels Laserstrahl ein bestimmtes Areal ab und ermittelt zu jedem Abtastpunkt die Distanz. Bei jedem Abtastpunkt werden die Distanzwerte der letzten Abtastung verglichen. Ändert sich die Distanz charakteristisch in einem bestimmten Teilgebiet des abgetasteten Areals, so kann man auf eine Personenpräsenz schließen. All diese Information werden per Software (mit einem Signalprozessor) erarbeitet.

Diese Systeme können laut der verschiedenen Hersteller nicht nur Personenanzahlen erfassen sondern auch deren Größe (Erwachsene, Kinder) und Laufrichtung feststellen.

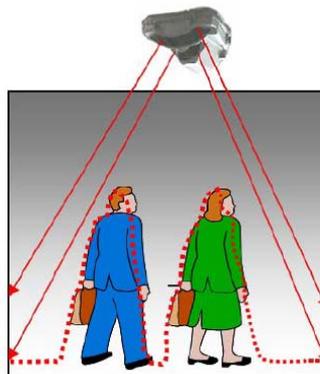


Abbildung 25: LD PeCo Personenzähler-Funktionsprinzip [44]

Diese Abtastgeräte besitzen dabei oft mehrere direkte Schnittstellen mit Feldbus-Systemen wie zum Beispiel dem CANbus, RS232, RS422 und Schaltausgängen. Das ermöglicht eine einfache Integration in bestehende Systeme [44].

4.4.1.6 Waagen - Systeme

Eine sehr einfache Methode zur Ermittlung, ob eine Person einen Bereich betreten hat, ist einer Waage. Stellt man diese im Eingangsbereich auf, und betritt eine Person (bewußt oder unbewusst) die Waage, so erkennt diese eine Gewichtsänderung und führt eine Gewichtsbestimmung durch.

Ist das Gewicht einer Person erkannt, so kann man auch Rückschlüsse ziehen auf deren Wärmeabstrahlung.

Bei einem solchen System muss man berücksichtigen, dass weder Richtung noch eine eindeutige Zuordnung einer Person möglich ist. Es könnte ja auch jemand zum Beispiel den Kinderwagen auf der Waage stehen haben. Daher ist es ratsam, ein Personenerfassungssystem mit einer Waage zusätzlich mit anderen Systemen zu kombinieren (z.B.: Lichtschranke zur Erkennung der Bewegungsrichtung).

Eine konkrete Umsetzung dieses Systems ist im Referenzprojekt Kapitel 6.3.5 zu finden.

4.4.2 Aktive Systeme

Unter aktiven Systemen werden hier Systeme verstanden, bei denen die zu überwachenden Personen aktiv einen Beitrag leisten müssen. Sei es, das Mitführen eines ID-Merkmals (Chipkarte, Sender-Chip, etc...) oder die Aufzwingung eines gewissen Verhaltensmerkmals (manuelle Anmeldung über Terminal, Finger auf Fingerprint-Scanner, etc.).

4.4.2.1 Eingabefelder (manuell)

Eingabefelder können in allen möglichen Formen auftreten und verwendet werden. Sie können zur „Anmeldung“ oder „Abmeldung“ der Person in der Wohnung dienen, oder auch zur Korrekturmeldung, falls andere Systeme Fehler bei der Zählung aufweisen. Eingabefelder haben somit keine sensorische Funktion und sind auf die ständige Benutzung der Personen im Haushalt angewiesen. Demnach kann auch keine Position von Personen im Wohnbereich bestimmt werden, lediglich das Betreten und das Verlassen des Wohnbereichs. In Kombination mit einem Fingerprint-Sensor, welche aber oft nicht sehr zuverlässig sind, könnte man das System um einen Identifikationsmechanismus bereichern.

In jedem Fall empfiehlt es sich, solche Eingabefelder an einer zentralen Stelle in einer Wohnung anzubringen und mit einem anderen Personenerfassungssystem zu kombinieren und zu vernetzen. Am besten positioniert man solche Eingabefelder im Eingangsbereich, wo Personen die Wohnung betreten oder verlassen.

Über einen kleinen Bildschirm könnte man dort auch Feedback, über den aktuellen Status der Personenzählung oder des Überwachungssystems im Allgemeinen geben, und die gezeigte Information gegebenenfalls

korrigieren. Das Eingabefeld bekäme dann mehr die Funktion eines Terminals, über das man die Überwachung der Wohnung steuern und parametrisieren könnte. Viele Home-Automation-Systeme bieten solche Steuer- und Regelungsterminals in ihrer Produktpalette an, um dem Kunden zu erlauben, selbst solche Systeme zu warten und zu parametrisieren.

4.4.2.2 RFID-Sensoren

RFID ist ein berührungsloses Detektionsverfahren, welches aus einem kleinen Transponder (typische Größe wenige cm bis mm, siehe Abbildung 27) und einem Lesegerät besteht. Der Transponder befindet sich dabei an oder in einem Gegenstand bzw. Lebewesen, das durch den Transponder identifiziert werden soll.

Es gibt verschiedene RFID-Transponder Typen, die sich voneinander stark unterscheiden. Der Aufbau eines RFID-Transponders sieht dabei aber prinzipiell immer ähnlich aus. Eine Antenne zum Senden und Empfangen der Signale (meist in Form einer Schleife oder Spule), einen analogen Schaltkreis zum Empfangen und Senden (Transceiver), sowie einen digitalen Schaltkreis. Oft wird dieser kombiniert mit einem permanenten oder auch mehrfach beschreibbaren Speicher. Komplexere Modelle besitzen hier sogar eine Von-Neumann-Architektur.

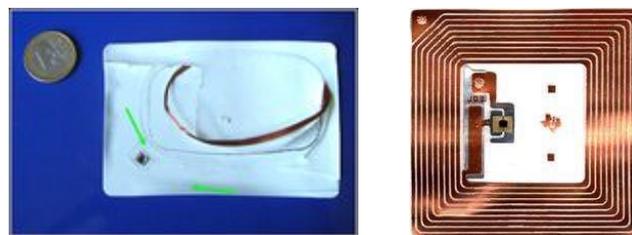


Abbildung 26: Links: RFID-Chip mit Antenne; Rechts: 13,56MHz Transponder [45]

RFID Technik im Detail

In der Regel erzeugt dabei das Lesegerät ein elektromagnetisches Hochfrequenzfeld geringer Reichweite, vorzugsweise durch Induktionsspulen. Damit werden nicht nur Daten übertragen, sondern auch der Transponder mit Energie versorgt (passive Systeme). Es entsteht in der Antennenspule, sobald diese in das elektromagnetische Feld kommt, ein Induktionsstrom. Dieser Strom wird gleichgerichtet und lädt einen Kondensator (als Kurzzeitspeicher), welcher für den Lesevorgang die Stromversorgung des Chips übernimmt. Es entsteht eine Abfrage-Antwort-Kommunikation zwischen Sendegerät und RFID-

Transponder. Da die induzierte Energie nicht sehr groß ist, sind die Reichweiten solcher RFID-Systeme meist nur wenige Zentimeter. Wenn größere Reichweiten erzielt werden sollen (und die Kosten der Transponder nicht sehr kritisch sind), werden so genannte aktive Transponder eingesetzt. Diese besitzen eine eigene Stromversorgung (Batterie) und erreichen damit größere Reichweiten, von wenigen Metern bis sogar über 100 Meter. Es gibt auch Mischformen, so genannte Semi-aktive Transponder, welche beides kombinieren. Eine genaue Beschreibung in allen Einzelheiten der Technologie RFID findet man in der Referenz [45].

Wie bereits erwähnt gibt es verschiedene Typen von RFID-Technik. Um eine kurze Übersicht zu geben, welche Frequenz und welche Reichweite zusammengehören, wurde aus Quelle [45] Tabelle 4 und 5 herausgenommen.

Frequenzbereiche

Europaweit und international wurden bisher folgende ISM-Frequenzbänder³ vorgeschlagen und zum Teil freigegeben:

Frequenz	Bereich	Erlaubte Frequenzen (ISM-Band)
Langwellen-Frequenzen (LF)	30...300 kHz	9 kHz... 135 kHz
Kurzwellen-Frequenzen (RF)	3...30 MHz	6,78 MHz, 13,56 MHz, 27,125 MHz, 40,680 MHz
Dezimeterwellen (UHF)	300...3 GHz	433,920 MHz, 869 MHz, 915 MHz, 2,45 GHz
Mikrowellen	>3 GHz	5,8 GHz, 24,125 GHz

Tabelle 3: Frequenzbereiche für RFID-Technik [45]

3) Als ISM-Bänder (Industrial, Scientific, and Medical Band) werden Frequenzbereiche bezeichnet, die durch Hochfrequenz-Geräte in Industrie, Wissenschaft, Medizin, in häuslichen und ähnlichen Bereichen genutzt werden können.

Reichweiten und typische Anwendungen

Frequenz	Typische max. Reichweite für passive Tags	Typische Anwendungen
Langwellen-Frequenzen (LF)	50 cm	Tier-Identifizierung und Lesen von Gegenständen mit hohem Wasseranteil
Kurzwellen-Frequenzen (HF/RF)	1 m	Zugangskontrollen, Wegfahrsperren, Lagerverwaltung
Dezimeterwellen (UHF)	3...10 m	Lager und Logistikbereich (Paletten), Container-Identifikation (Türsiegel, License-Plates)
Mikrowellen	>10 m	Fahrzeug-Identifizierung, Mautsysteme, Zugwaggons

Tabelle 4: Reichweiten und typische Anwendungen für RFID-Technik [45]

Spezifische Daten der einzelnen Standards und Zertifikate kann in entsprechender Fachliteratur [46] nachgelesen werden.

Technische Begrenzungen

Die Schwäche der RFID-Technik liegt in der begrenzten Reichweite und die Unschärfe der zu gewinnenden Information. Einfache RFID-Technik bietet leider keine direkte Information über die genaue Position und Bewegung des Transponders, sondern nur über deren Identität. Ortsinformationen erhält man nur über einen Umweg, und zwar über die Kenntnis des Standorts des Lesegerätes [45].

Präsenzmeldung mittels RFID

Es muss zuerst überlegt werden, welcher Typ von RFID verwendet werden soll, um alle Anforderungen, die an ein System gestellt werden, zu erfüllen. Für eine einfache Zutrittskontrolle mit Identifizierung (z.B: Chipkarte) würde ein UHF-System genügen. Der Sender wird hier entsprechend am Eingang oder zentral in dem zu überwachenden Bereich installiert. Man könnte auch eine 2-dimensionale Ortung mit RFID-Chips durchführen. Dafür wären am besten Mikrowellen-

Transponder (aufgrund deren Reichweite) geeignet. Mittels Aufstellung mehrerer Sender und einer Messung der Signallaufzeit, könnte man dies durchführen. Solche Systeme wären aber aufwendig zu implementieren und sehr teuer.

4.4.3 Problem Mensch bei Zugangskontrolle

Die Funktionstüchtigkeit solcher Systeme ist abhängig von deren Aufbau und der konsequenten Durchführung der Personen. Beim Einsatz in Gebäuden mit Sicherheitsrelevanz (Militär, Banken, Flughafen, etc.) werden solche Systeme stets mit Barrieren und Schranken kombiniert, die den Menschen zur eindeutigen Identifikation zwingen. Dies geschieht aus den jeweiligen Sicherheitsaspekten.

Bei dem Fall einer Überwachung im privaten Bereich, wie es beim Referenzprojekt geplant wurde, gestaltet sich dies schon schwieriger. Keine Privatperson möchte beim Betreten des Hauses oder der Wohnung durch einen Schranke gehen oder sich sonst irgendwie aufwendig beim Haussystem anmelden müssen. Man müsste auch Kinder berücksichtigen, die ein solches System bedienen müssten. Der Aufwand der Präsenzerkennung ist somit so gering wie möglich zu halten. Es wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit empfohlen, ein rein passives System zu verwenden. Im Referenzprojekt wird eine kostengünstige Lösung vorgestellt (siehe Kapitel 6.3.5).

5. Sensornetzwerke in einem Haushalt

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Teile zur Erstellung eines Sensornetzwerkes vorgestellt. Der Fokus liegt dabei auf den verschiedenen Arten von Netzwerktypen, deren Signalübertragung und dessen Verbindung zu den Sensoren. Am Ende dieses Kapitels werden einige Komplettsysteme vorgestellt.

5.1 Signalübertragung

Um Messsignale und Daten in einem Netzwerk zu versenden, benötigt man ein Übertragungsmedium. Hier hat man die Auswahl an verschiedensten Typen, die je nach gewünschten Eigenschaften ausgewählt werden müssen.

5.1.1 Kabel

Kabelverbindungen gibt es in verschiedensten Ausführungen. Die wichtigsten davon werden nun kurz vorgestellt.

2-adriges oder 3-adriges Kabel: Das zweiadrige Kabel besteht aus einem Kabelpaar, welches für den Transport von Signalen zuständig ist. Ein 3-adrige Kabel besitzt zusätzlich eine Masseleitung, welche zur Schirmung verwendet werden kann. Diese Kabel sind sehr störungsanfällig und haben eine (zu berücksichtigende) Dämpfung, durch den Innenwiderstand der Kabel. Diese Kabel eignen sich nur für niedrige Datenraten oder kurze Messsignal-Übertragungen.

Twisted Pair Kabel: Bei Twisted Pair-Kabeln (TP) handelt es sich um 2-adrige Kabelpaare, die miteinander verdrillt wurden. Tritt ein Störimpuls auf einer Stelle auf, so beeinflusst dieser beide Kabel gleichermaßen. Aufgrund der Verdrillung tritt eine Störung in einem Kabel positiv und im anderen Kabel negativ auf. Die Störungen kompensieren sich in Summe. Zusätzlich werden solche Kabelpaare oft geschirmt, um eine noch bessere Störsicherheit zu erreichen. Weiters können damit auch relativ hohe Datenraten erzielt werden. In der Praxis werden solche Kabel mit UTP (Unshielded TP) beziehungsweise S/UTP (Shielded/UTP) gekennzeichnet. TP-Kabeln lassen sich überall einsetzen, wo Störsicherheit relevant und eine günstige Lösung wichtig ist [Mer07].

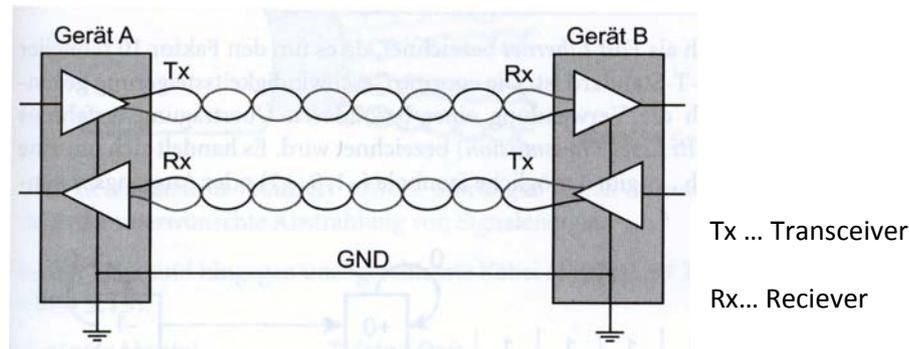


Abbildung 27: Prinzip von TP-Kabeln [Mer07]

TP-Kabeln werden oft bei Computernetzwerken zur digitalen Datenübertragung eingesetzt. Dabei werden vier Kabelbündel zusammengefasst und mit einem genormten Anschluss (RJ45) [62] versehen. In der Praxis werden solche Kabel mit einer Kategorisierung gekennzeichnet, die einen Rückschluss auf dessen Übertragungseigenschaften zulässt. Als Beispiel: Ethernet CAT 5, bedeutet Ethernet-Kabel mit einer maximalen Übertragungsraten von 100MBit/s.

Koaxialkabel: Das Koaxialkabel ist ein sehr niederohmiges Kabel. Es wird von einem Isolator (oder Dielektrikum) ummantelt. Um den Isolator wird der Außenleiter geführt, der das gesamte Kabel ebenfalls ummantelt und als Abschirmung fungiert. Das Koaxialkabel ermöglicht mit dieser Technik sehr hohe Datenübertragungsraten und weist eine sehr gute Resistenz gegenüber elektromagnetischer Störungen auf. Es können analoge sowie digitale Daten darüber übertragen werden. Lediglich der Preis ist sehr hoch und der Montageaufwand ist größer bei solchen Kabeln [47].

In der folgenden Tabelle werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Typen zusammengefasst:

2/3-adriges Kabel	Vorteile Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Billigste Lösung - Bei kurzen Leitungslängen kaum Störungen - Einfache Installation - Keine hohen Datenübertragen möglich - Störungsanfällig - Innenwiderstand dämpft Signal - Zusätzliche Verkabelung nötig
Twisted Pair	Vorteile Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - relativ billig - kaum Störungen - Einfache Installation - höhere Datenübertragen möglich - Innenwiderstand - Zusätzliche Verkabelung nötig

Koaxialkabel	Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Installation - Innenwiderstand gering - hohen Datenübertragen möglich
	Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Zusätzliche Verkabelung nötig - Teures Kabel - Koax-Anschlüsse bei Endgeräten nötig

Tabelle 5: Vergleich verschiedener Kabeltypen

5.1.2 Glasfaser

Bei Glasfaserkabeln, oder auch Lichtwellenleiter genannt, werden Lichtimpulse mit nahezu Lichtgeschwindigkeit und beinahe ungedämpft über die Leitungen übertragen. Glasfaserkabel sind daher unempfindlich gegen die meisten Arten von Störungen. Bevor elektrische Signale übertragen werden können, müssen diese also vorher in entsprechende Lichtsignale transformiert werden. Hauptanwendung von Glasfaserleitungen ist der Transport von großen Datenmengen über weite Strecken und/oder mit hoher Geschwindigkeit. Die Internetverbindungen zwischen den Kontinenten werden zum Teil mit Glasfaserkabeln (versenkt in den Weltmeeren) realisiert. Dieses Übertragungsmedium ist eines der teuersten [48].

- Vorteile:
- hohe Bandbreite bei Datenübertragung
 - Geringe Signaldämpfung
 - Hohe Abhörsicherheit
 - Unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Störungen
 - Galvanische Trennung der Komponenten
 - Kleiner Leitungsdurchmesser, geringes Gewicht
 - Korrosionsunempfindlich
- Nachteile:
- Teuer
 - Keine direkte Übertragung von analogen Messgrößen möglich
 - aufwendige Montage von teuren Steckverbindungen

5.1.3 Funkstandards

Über Funk können ebenfalls Daten übertragen werden. Dabei werden, wie beim Glasfaserkabel, heutzutage kaum analoge Messsignale übertragen. Elektrische Signale werden in eine digitale Form gebracht und mit einer Trägerfrequenz und diversen Modulationsverfahren bearbeitet und über die Luft-Schnittstelle an einen Empfänger gesandt. Dieser demoduliert die Signale und gewinnt die Daten zurück

Das ISM-Band für Kurzstreckenfunk hat dabei eine Bandbreite von 2MHz und nutzt Frequenzen von 868 bis 870MHz. Innerhalb dieses Bereichs sind 80 Kanäle mit einem Kanalraster von 25 kHz untergebracht. Es werden auch höhere Frequenzbereiche eingesetzt, die sich zwischen (2,412...2,484) und (5,15...5,725) GHz befinden. Generell gilt immer der Zusammenhang, dass die Reichweite solcher Funksysteme von der Frequenz und der Sendeleistung abhängig sind. Die folgende Liste zeigt nun die verschiedensten Frequenzbänder mit deren Funkstandards. Der interessierte Leser kann in Quelle [Har07] oder in Quelle [49] mehr darüber erfahren.

In folgender Tabelle wurden die Vor- und Nachteile eines Funknetzes zusammengefasst:

- Vorteile:
- hohe Datenübertragung möglich
 - kaum Störungen
 - Einfache Installation
 - Kein Leitungswiderstand
 - Keine Verkabelung notwendig
- Nachteile:
- Teuer
 - Nicht Abhörsicher
 - Keine direkte Übertragung von analogen Messgrößen möglich (Strom, Spannung)
 - Teure Zwischengeräte erforderlich

5.1.4 Trägerfrequenzanlage

Eine relativ kostengünstige Lösung, um in einem Haushalt ein Netzwerk aufzubauen, ist der Einsatz einer Trägerfrequenzanlage. Bei dieser Technologie, auch bekannt unter Powerline Communication (PLC), wird

das 230 Volt-Netzwerk des Haushaltes verwendet, um Daten oder Messwerte darüber zu übertragen. Das zu übertragende Signal wird dabei der 50 Hz -Netzfrequenz aufgeprägt (siehe Abb. 28).

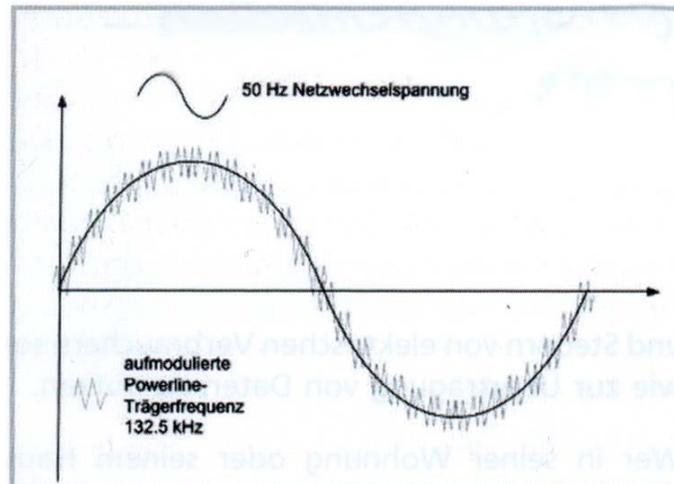


Abbildung 28: Grundprinzip der Powerline – Technologie [Har07]

Zur Aufprägung und Ausfilterung der übertragenen Signale sind hier spezielle PLC-Adapter notwendig und bildet somit die Schnittstelle zwischen Übertragungssignal und Stromnetz. Ab zwei Geräten kann in einem solchen Netzwerk eine Kommunikation stattfinden.

Ein weiteres wichtiges PLC-Modul ist die Bandsperre. Es begrenzt das eigene Netz gegenüber dem Hauptstrom-Anschluss der Wohnung und möglichen benachbarten PLC-Systemen. Im Wesentlichen ist es ein Tiefpass-Filter, der die Frequenzen der Datenübertragung abschneidet und nur die 50 Hz Netzspannung durchlässt. Nicht in jedem Fall wird eine Bandsperre benötigt, um ein Netzwerk aufzubauen. Aber aus datentechnischen und sicherheitsrelevanten Gründen sollte man solche Bandsperren jedoch einsetzen.



Abbildung 29: Netzwerkkset, Netgear HDX111 [50]

Heute wird diese Technologie hauptsächlich verwendet, um Datennetzwerke über das eigene Stromnetz zu errichten. Dabei können Datenübertragungsraten von bis zu 300Mbits/s erreicht werden. Man kann diese Technologie auch verwenden um Sensoren im Haushalt zu verteilen und miteinander kommunizieren zu lassen.

In jedem Fall besteht der große Vorteil darin, dass kein zusätzlicher Verkabelungsaufwand nötig ist. Es kann auf das bestehende Stromnetz aufgesetzt und somit Kosten gespart werden.

Bei einer Signalübertragung mittels PLC muss stets berücksichtigt werden, dass dieses System, aufgrund seines Übertragungsmediums (dem unisolierten 230V-Stromkabeln) sehr störungsanfällig und nicht sehr zuverlässig ist. Es ist somit nicht geschirmt gegen Störungen von außen. Und wenn Verbraucher am Netz zu- oder wegschaltet werden können unter Umständen Stromspitzen im Netz auftreten. Diese Störungen können Messsignale verfälschen oder Daten überlagern.

Powerline-Koppler: Bei großen Übertragungstrecken dämpft das Stromkabel sehr stark. Ein Koppler verstärkt Powerline-Signal wieder und ermöglicht größere Übertragungstrecken [Har07].

Vorteile:

- Einfache Installation
- Relativ hohen Datenübertragen möglich
- keine zusätzliche Verkabelung nötig

Nachteile:

- Störanfällig
- PLC – Zwischengeräte erforderlich
- teuer

5.2 Allgemeiner Aufbau eines Sensor-Netzwerkes

Hat man sich nun für Sensoren und für ein Übertragungsmedium entschlossen, so ist der nächste Schritt die Planung des Netzwerkes.

Sensoren liefern Messwerte als Spannungen oder Ströme, die proportional zu ihrer jeweiligen physikalischen Größe sein sollten (z.B.: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc.). Diese müssen für eine Weiterverarbeitung mittels A/D-Wandler digitalisiert und über das Netzwerk transportiert werden. Für die Vernetzung der Sensoren hat man nun die Möglichkeit, dies entweder zentral oder verteilt (dezentral) durchzuführen.

Zentrale Vernetzung

Bei der zentralen Vernetzung gibt es nur einen Hardware-Knoten, wo alle Sensorleitungen gemeinsam erfasst, digitalisiert und verarbeitet werden. Solche Systeme werden meist für kleinere Projekte verwendet, da sie sehr leicht zu implementieren und aufzubauen sind. Ein solches System wird in Kapitel 5.5.2 vorgestellt.

- Vorteile:
- Billig, da nur ein Knoten
 - Einfache, zentrale Programmierbarkeit
- Nachteile:
- bei Störung des Hauptknoten - Totalausfall
 - lange Sensor- und Messleitungen nötig
 - bei vielen Sensoren viele Messleitungen nötig
 - Zentralknoten muss sehr leistungsfähig sein

Dezentrale Vernetzung

Bei der dezentralen Vernetzung gibt es mehrere verteilte Hardware-I/O-Knoten, wo jeweils nur eine oder wenige Sensoren erfasst und digitalisiert werden. Die einzelnen Knoten tauschen die Messdaten dabei über ein Bus-System aus. Die Verarbeitung und Aufbereitung der Daten geschieht dabei entweder schon in den kleinen verteilten Knoten oder in einem leistungsfähigeren zentralen Knoten.

- Vorteile:
- Flexible und übersichtlichere Struktur als zentrale Vernetzung
 - Verkabelungsaufwand wird stark reduziert
 - Kurze Sensorleitungen
 - Bei Ausfall von kleinen Knoten, kein kompletter Systemausfall
- Nachteile:
- Bussystem meist teuer, durch viele kleine Knoten
 - Jeder Einzelknoten muss separat programmiert werden
 - aufwendiger zu implementieren
 - eigenes Kabel für Bus-System nötig

Dezentrale Vernetzung hat sich bei großen komplexen Aufgaben, die in der Regel bei der Überwachung von Wohnungen gegeben sind, bewährt. Im Home-Automation-Bereich begann man zuerst, industrielle Bussysteme, wie zum Beispiel den Profibus oder Interbus einzusetzen. Mit der Zeit haben sich aber eigene Standard-Bussysteme etabliert, die im nächsten Kapitel näher vorgestellt werden [Hes04].

5.3 Bussysteme im Bereich Home - Automation

Im privaten Wohnungsbau wie auch im Zweckbau nimmt der Automatisierungsgrad seit Jahren immer mehr und mehr zu. Wie bereits in Kapitel 2 soll das Komfortbedürfnis und das Behaglichkeitsgefühl der Benutzer gesteigert werden. Diese immer komplexer werdenden Systeme wurden früher dezentral gesteuert und geregelt. Ein Heizkörper zum Beispiel hatte einfach einen Thermostat eingebaut und wurde per Drehregler eingestellt. Da der Trend steigt, wurden Mechanismen überlegt, aus einer dezentralen Steuerung eine zentrale Steuerung zu machen. Die Überlegung, Bussysteme hierfür einzusetzen, war naheliegend. In den letzten 5 bis 10 Jahren wurden dann speziell für den Home – Automation Bereich Protokolle und Bussysteme entwickelt, die sich als Standard durchgesetzt haben. Es entstand daraus auch der Ausdruck „das intelligente Haus“, den man heute öfter in der Fachliteratur findet.

Folgende Bussysteme werden nun kurz vorgestellt:

- EIB/KNX – European Installation Bus / Konnex⁴
- LonWorks – Local Operating Network
- BACnet

5.3.1 EIB/KNX

Der Europäische Installationsbus EIB/KNX, auch Instabus genannt, ist das führende Kommunikationssystem bei Bus-Systemen in der Gebäudetechnik in Europa. Konkret handelt es sich dabei um ein (industrielles) Kommunikationssystem, welches zur informationstechnischen Vernetzung von Geräten (Sensoren, Aktoren, Steuer- und Regelung von Geräten, sowie Bedien- und Beobachtungstechnik) genutzt wird. EIB/KNX ist auf die Elektroinstallationstechnik abgestimmt, wo automatisierte Abläufe und Funktionen in Gebäuden sichergestellt werden können. Seit Dezember 2003 wurde das Bussystem von der CENELEC als europäische Norm EN 50090 ratifiziert. Es wurde zum ersten offenen Standard für Haus- und Gebäudesystemtechnik. 2006 wurde EN50090 in die ISO/IEC-Reihe 14543 übernommen. Offen bedeutet in diesem Zusammenhang, dass

⁴ Konvergenzprojekt aus BatiBUS – EIB – EHSA die sich zur Konnex Association [50]

herstellerunabhängig die Geräte über den EIB/KNX-Bus miteinander kommunizieren können [50].

Das EIB/KNX verfolgt dabei einen dezentralen Ansatz. Jeder Sensor oder Aktor kann selbstständig und unabhängig und ohne zentrale Steuereinheit agieren und arbeiten. Ein minimaler EIB/KNX-Bus benötigt daher lediglich ein Übertragungsmedium, eine Stromversorgung mit Drossel (29V DC) und 2 oder mehr Teilnehmer. In so einem minimalen System können schon Sensoren und Aktoren miteinander Daten austauschen. Bevor eine EIB-Installation in Betrieb genommen werden kann, muss jedoch jeder Sensor und Aktor vorher programmiert werden [Bei04].

Der Bus kann dabei mit verschiedenen Übertragungsmedien arbeiten.

Man unterscheidet hier folgende Typen

- KNX.TP für einen Bus auf Twisted Pair – Kabeln
- KNX.PL für Datenübertragung über das Stromkabel,
- KNX.RF für Funkübertragung
- KNXnet/IP für Ethernet

Ein einfaches Beispiel, wie eine Businstallation aussehen kann, ist in Abbildung 30 ersichtlich. Hierbei wird eine Lampe mittels Aktor und Sensor gesteuert. Wird der Sensor aktiviert (z.B.: ein Taster betätigt), so sendet dieser ein Datentelegramm über den Bus zum Aktor, der die Lampe über ein Relais einschaltet.

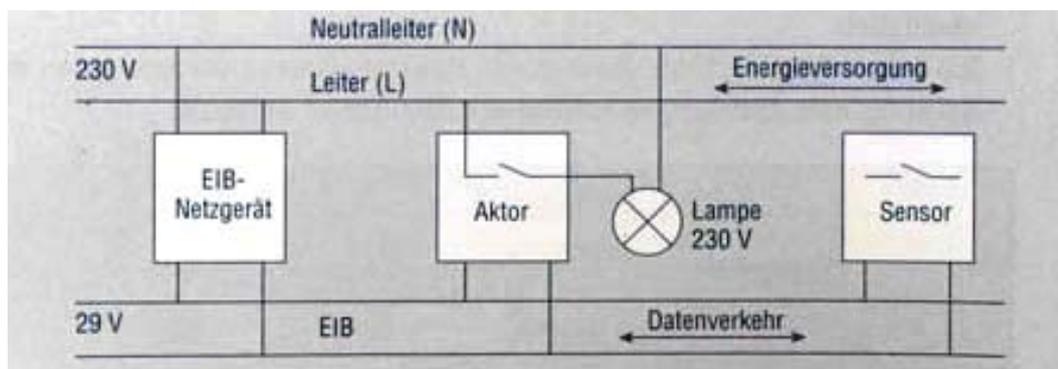


Abbildung 30: Installation des EIB/KNX Bus zum Steuern einer Lampe [Har07]

5.3.1.1 EIB/KNX-Busgeräte

EIB/KNX-Busgeräte können in vier Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Systemgeräte: Spannungversorgung, Akkumulator, Linien- und Bereichskoppler, Busankoppler, Schnittstelle RS232, ...
- Sensoren: Tastensensor, Bewegungssensor, Glasbruchsensor, ...
- Aktoren: Schaltaktoren, Jalousieaktor, Rollladenaktor, ...
- Sonstige Module: Logikmodul, Controlpanel, ...

Das wichtigste Modul ist der Busankoppler. Dieser ist das Bindeglied zwischen dem eigentlichen Bus-System und den Sensoren, Aktoren und sonstigen Modulen. Er verfügt über einen eigenen Microcontroller der mit diversen Funktionen (siehe Abbildung 31) ausgestattet ist. Er bildet somit einen „intelligenten Busteilnehmer“. Auf der einen Seite ist er mit dem Bus-System verbunden und kann Telegramme senden und empfangen. Auf der anderen Seite des Busankopplers wird er mit einem entsprechenden Anwendungsmodul (z.B.: Taster, Dimmer, Bewegungsmelder, Temperatursensor, etc.) verbunden [Bei04].

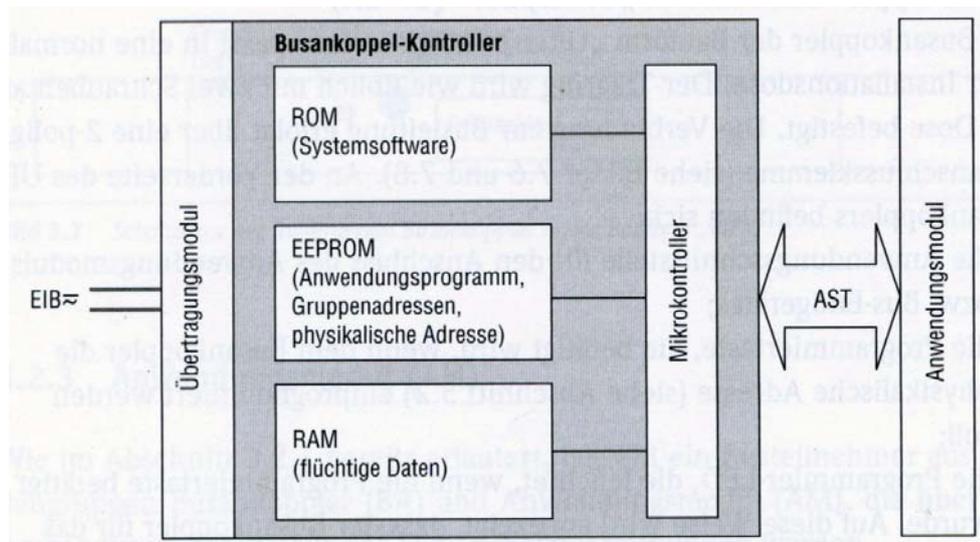


Abbildung 31: Funktionsbausteine Busankoppler [Bei04]

Im Falle des Taster-Beispiels, verbindet man einen Buskoppler einfach mit einem Tasterfeld. Abbildung 33 zeigt einen solchen Busankoppler mit Tasterfeld in Unterputz-Ausführung.

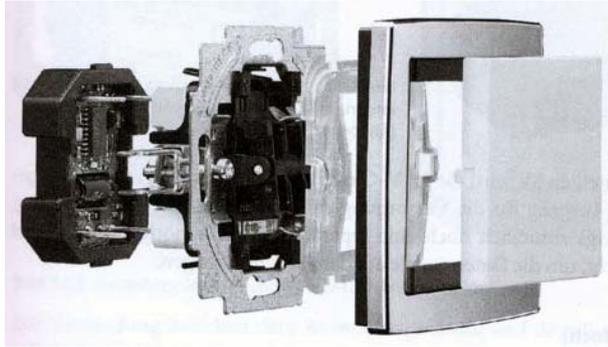


Abbildung 32: Modulares KNX.PL-Gerät [Busch-Jaeger Elektro] [Mer07]

Aktoren werden oft separat ausgeführt oder in Klemmleistenausführung ausgeführt. Sie bilden das Bindeglied zwischen Bussystem und Steuerung einzelner Elemente (zum Beispiel einer Lampe). Einen typischen Schalt-Aktor zeigt Abbildung 33:



Abbildung 33: 6 Fach- Schaltaktor [Mer07]

5.3.1.2 Topologie

Bei EIB/KNX sind grundsätzlich Stern-, Baum- und Busstrukturen möglich. Lediglich die Ringstruktur ist unzulässig, da es zu Systemausfällen führen kann.

Intern besitzt der EIB ein 3-stufiges hierarchisches System, welches nun vorgestellt wird.

Sensor/Aktor- Ebene: In der Sensor/Aktor – Ebene werden alle Sensoren und Aktoren eines EIB mit einer Buslinie verbunden. Es können bis zu 64 Teilnehmer (Aktoren, Sensoren) angeschlossen werden. Möchte man mehr als 64 Teilnehmer an den Bus anschließen, so hat man zwei Möglichkeiten, die auch kombiniert werden können. Linienverstärker können die Anzahl der Teilnehmer um 64 erweitern. Es können maximal 3 Linienverstärker verwendet werden, was die maximale

Anzahl von Teilnehmer auf 256 erhöht. Es können auch Linienkoppler verwendet werden.

Linien: Linienkoppler können 64 (bzw. max. 256) Teilnehmer zu einer Gruppe zusammenfassen. Linienkoppler bauen dabei eine eigene Busstrecke auf, eine sogenannte „Linie“. Dort können bis zu 15 Linienkoppler angeschlossen werden. Reicht die Teilnehmeranzahl immer noch nicht aus, kann das System mit einem Buskoppler erweitert werden.

Bereich: Buskoppler funktionieren wie Linienkoppler, nur auf einer Hierarchieebene höher. Er baut ebenfalls eine eigene Busstrecke auf, die dann als „Bereiche“ bezeichnet werden. Bis zu 15 Bereichskoppler können miteinander verbunden werden.

Die Adressierung in großen Systemen ähnelt dem, der IP-Adressen. Das Format dazu lautet „Bereich“.„Linie“.„Sensor/Aktor“ (z.B.: 1.5.21).

Es ergibt sich somit eine maximale Teilnehmeranzahl von $256 \times 15 \times 15$, also maximal 57600 Teilnehmern.

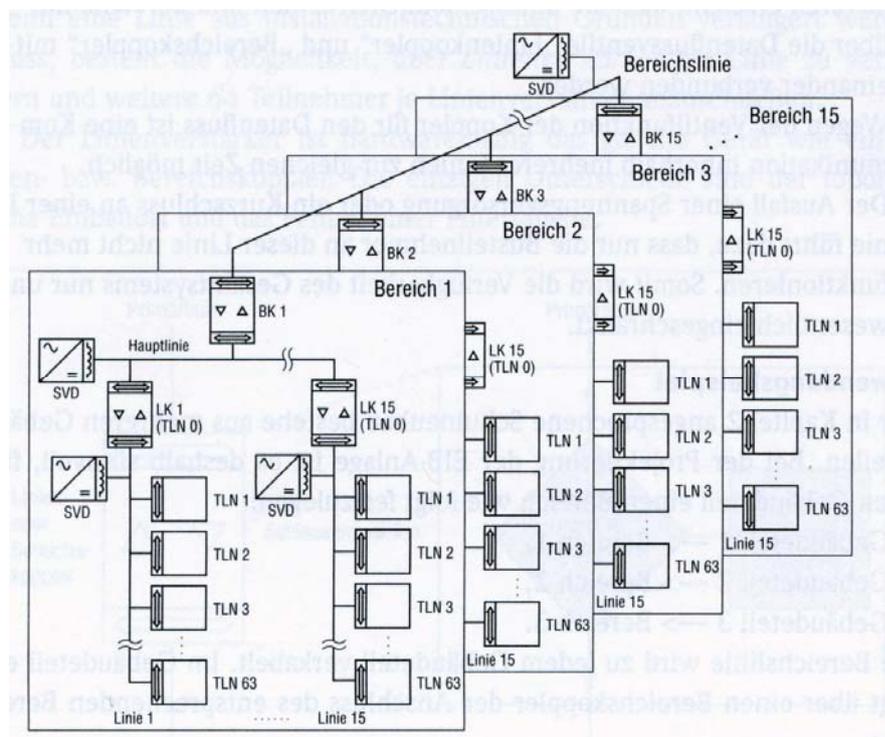


Abbildung 34: EIB/KNX Anlage mit maximaler Teilnehmeranzahl [Bei04]

Als Beispiel zeigt obige Abbildung ein aufgebautes EIB – System mit maximaler Teilnehmeranzahl. Das Beispiel besteht dabei aus 15 Bereichskopplern (BK), 15 Linienkopplern (LK), den Teilnehmern (TLN) und den Stromversorgungen mit Drosseln (SVD). Die Drossel selbst ist

dabei ein induktives Busgerät, welches wegen des kleinen Innenwiderstandes der Spannungsversorgung eingesetzt wird, um mögliche Kurzschlüsse auf der Busleitung zu verhindern.

5.3.1.3 Datenübertragung

Zwischen den einzelnen Aktoren, Sensoren und sonstigen Geräten, die sich am Bussystem befinden, werden Daten in Form von Datentelegrammen ausgetauscht. Deren Aufbau ist in nachfolgender Abbildung ersichtlich:

Kontrolle	Quelladr.	Zieladr.	Routing-Counter	Nutzdaten	Sicherung
8 Bit	16 Bit	16 + 1 Bit	3 Bit 4 Bit	Max. 16x8 Bit	8 Bit

Abbildung 35: Aufbau eines EIB – Telegramms [Ber06]

Das Kontrollfeld beinhaltet Informationen über Priorität und Zustand der jeweiligen Nachricht. Das Adressfeld beinhaltet die Quell- und die Zieladresse der Nachricht. Danach befindet sich 1 Byte mit Destination-Flag, 3 Byte Routingzähler und 4 Byte Nutzdatenlänge am Ende des Adressfeldes. Im Datenfeld befinden sich die Nutzdaten und im Sicherungsfeld Prüfdaten. Eine detaillierte Beschreibung des Telegramms kann in Quelle [Mer07] nachgelesen werden.

5.3.2 LonWorks

LonWorks ist ein universelles, für Automatisierungsaufgaben eingesetztes System, das von der amerikanischen Firma Echeolon entwickelt und nach EN14908 genormt wurde. Lon steht dabei für Local Operating Network. Die eingesetzten Geräte werden dabei mit einem lokal operierenden Netz miteinander verbunden und besitzen eine eigene „Intelligenz“, abhängig von deren spezifischen Eigenschaften. In Europa findet die Technologie besonders im Bereich der Gebäudeautomation Verbreitung.

Bei LonWorks wird, wie bei EIB/KNX, ein dezentraler Ansatz gewählt. Die einzelnen Mess-, Steuer- und Regelungsknoten arbeiten unabhängig vom Rest des Systems, können aber untereinander kommunizieren. Je nach Anwendungsfall kann somit eine Struktur entstehen, die aus Stern-, Ring und Linienstruktur besteht. Dabei werden aber so genannte Subnet's gebildet. In jedem Subnet (z.B.: ein Ring für das Netzwerk in einem Zimmer) lassen sich dabei bis zu 128 LON-Knoten adressieren.

42 V-Netzteile versorgen dabei das System mit Strom. Ein Terminator schließt ein LON-System ab.

Wird ein größeres System benötigt (über 127 Knoten), dann werden mehrere Subnet's in Domains zusammengefasst und Router und Repeater eingesetzt. Mittels Router lassen sich maximal 255 Subnets in einer Domain verbinden.

Die Sensoren und Aktoren kommunizieren in einem solchen Netzwerk, wie in der der Abbildung 37 ersichtlich, über die Busleitung. Dazu dienen wieder Buskoppler. In der Funktionsweise und Aufbau ähnelt der LON-Bus somit dem EIB stark.

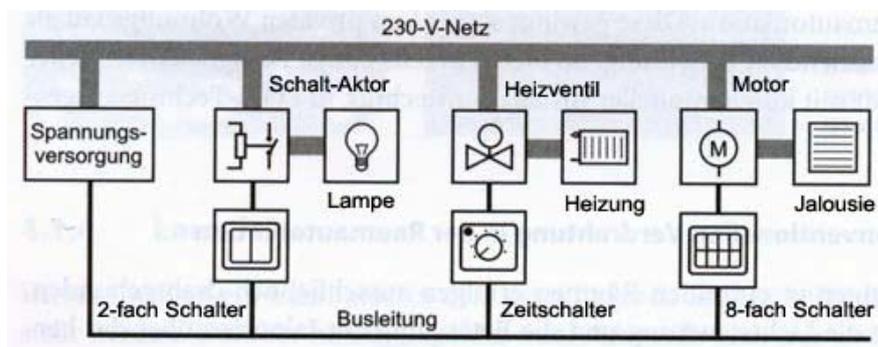


Abbildung 36: Funktionsprinzip der LON-Technik [Mer07]

Der große Unterschied zwischen LON und EIB liegt in der Programmierbarkeit des Bussystems. Ein speziell entwickelter Chipsatz ermöglicht eine sehr leichte und rasche Programmierung. Auch die Art der Adressierung ermöglicht, mit Hilfe spezieller Module, eine gewisse Interoperabilität [Kas07b] zwischen anderen Bussystemen, wie zum Beispiel dem BACnet und sogar dem Internet, was die Flexibilität und Möglichkeiten des LON-Systems steigern. Das LON-System besteht dabei nun aus folgenden Komponenten:

Neuron ® – Chip

Der Neuron – Chip ist ein von der Firma Echelon entwickeltes Prozessorsystem, das alle nötigen Komponenten zur Steuerung von LON-Modulen beinhaltet.

LonTalk ® – Protokoll

Das LonTalk – Protokoll beschreibt, in welcher Art und Weise die Neuron-Chips für verschiedene Applikationen programmiert werden und wie sie in der Funktion als Netzwerkknoten (node) miteinander kommunizieren. Dabei wird ein Telegramm verwendet mit folgender Struktur:

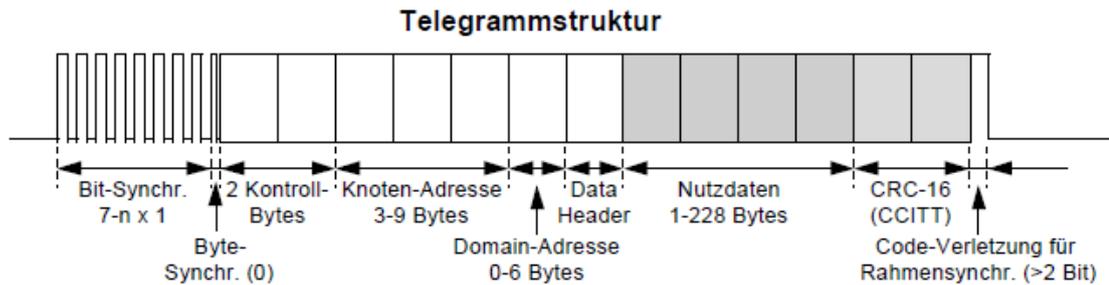


Abbildung 37: Telegrammstruktur von LonWorks [51]

Die Datenpakete werden dabei mit dem differentiellen Manchester-Code übertragen. Synchronisiert wird das Protokoll dabei mit einer Zeichenfolgen am Anfang von sieben „1“en. Mit der erste „0“ beginnen die Kontrollbytes (Byte-Synchronisation). Eine genauere Beschreibung über die restlichen Inhalte des Telegramms kann der Fachliteratur [51] entnommen werden.

LonWorks® Transceiver

Das physische Netzwerk wird über den LonWorks Transceiver mit dem Neuron-Chip verbunden. Es dient als Schnittstelle zum Datenbus und hat, je nach Übertragungsmedium (Kabel, Funk, Powerline, ...) eine andere Technologie.

LonWorks® Tools

LonWorks Tools ist das Programmier- und Inbetriebnahmewerkzeug für ein LonWorks – System. Mittels diesen Tools lassen sich die Neuron-Chips programmieren. LonWorks besteht dabei aus Programmen wie LonBuilder und NodeBuilder, die von der Firma Echelon entwickelt wurden.

LonMark®

Die LonMark Interoperability Association stellt für verschiedenste Komponentenhersteller Lon-Technologie zur Verfügung, um deren Produkte LonWorks – tauglich zu machen.

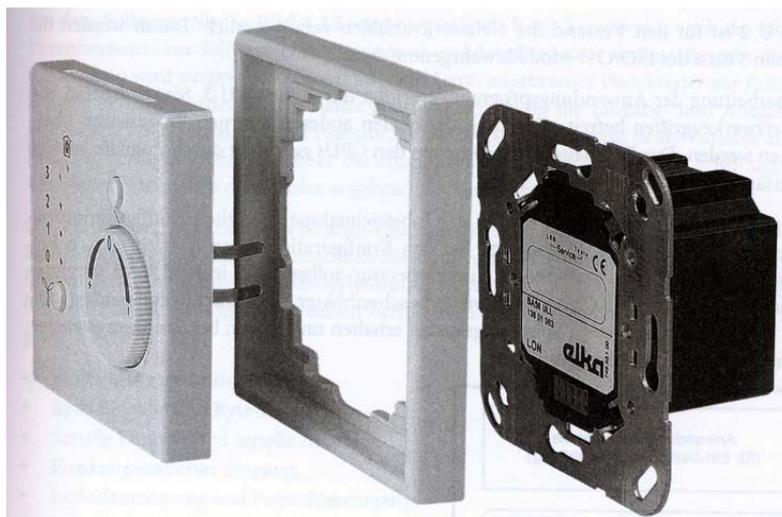


Abbildung 38: Lon-Modul-Sollwertsteller mit Buskoppler [Mer07]

Obwohl das LON-System scheinbar viele Vorteile bietet, ist der Grund, warum es sich noch nicht als führendes System etabliert hat, die Tatsache, dass es relativ teuer ist.

5.3.3 BACnet

Das Home-Automation Bussystem BACnet (Building Automation and Control Network) wurde von der „American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineering“ (ASHRAE) entwickelt und 1995 als Kommunikationsprotokoll für Gebäudeautomation standardisiert. Damit können Geräte und Systeme untereinander kommunizieren und Informationen austauschen. BACnet wird weltweit in zahlreichen Anlagen und Gebäudeautomatationen eingesetzt und ist seit 2003 auch als DIN EN ISO 16484-5 genormt [Mer07].

Genauer betrachtet ist das BACnet ein Bussystem, auf dessen Protokollschichten verschiedenste Funktionen und Dienste ablaufen können. Es besitzt wieder Buskoppler, welche aber wesentlich leistungsfähiger sind, als die Buskoppler des EIB/KNX-Bus. Das System ist breitbandig und erlaubt hohe Übertragungsgeschwindigkeiten. Es lässt sich somit nicht mit jedem Übertragungsmedium realisieren. Typischerweise werden Ethernet-Kabel oder Funkübertragung eingesetzt.

BACnet - Schichten						Äquivalente OSI-Schichten
BACnet-Anwendungsschicht						Anwendung
BACnet-Vermittlungsschicht						Vermittlung
ISO 8802-2 (IEEE 802.2) Typ 1		MS/TP	PTP	LONTALK	BYLL	Sicherung
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA-485	EIA-232		UDP IP	
						Bit-übertragung

Abbildung 39: BACnet – Schichtenmodell; [Mer07]

Wie man aus der obigen Abbildung entnehmen kann, ähnelt das BACnet dem Aufbau des OSI-Schichtenmodells, welches für das Internet geeignet ist. Es ist mit entsprechenden Modulen mit dem TCP/IP – Protokoll kompatibel. Adressierung, Datenkommunikation und das Routing zwischen den Teilnehmern wird mittels IP-Adressen bewerkstelligt. Somit ermöglicht das BACnet auch eine Steuerung über das Internet. Weiters kann das LonTalk-Protokoll versandt werden. Das BACnet ist somit interoperabel mit LON und dem Internet. BACnet selbst tauscht seine Nachrichten mit dem MS/TP-Protokoll (Master-Slave/Token-Passing) mit den Standards EIA-485 (RS-485) und EIA-232 (RS232) aus. Eine detaillierte Beschreibung über das BACnet findet der interessierte Leser in Quelle [Mer07].

5.4 Vernetzte Haushaltsgeräte

Abgesehen von Sensoren und Aktoren gibt es Haushaltsgeräte, die bereits integrierte Schnittstellen für Home-Automation-Bussysteme haben. Diese senden über ihr Schnittstellenmodul ihre Betriebsdaten selbstständig über den Bus.

Anstatt fix ein Modul in ein Haushaltsgerät zu installieren, haben sich modulare und austauschbare Lösungen durchgesetzt. Das bedeutet, ein Gerät besitzt einen standardisierten Anschluss zu seinen Betriebs- und Statusdaten, wo je nach verwendetem Bussystem, verschiedene Einschubmodule zur Kommunikation installiert werden können. Solche Module werden System-Interface (SI) genannt [Ric06].

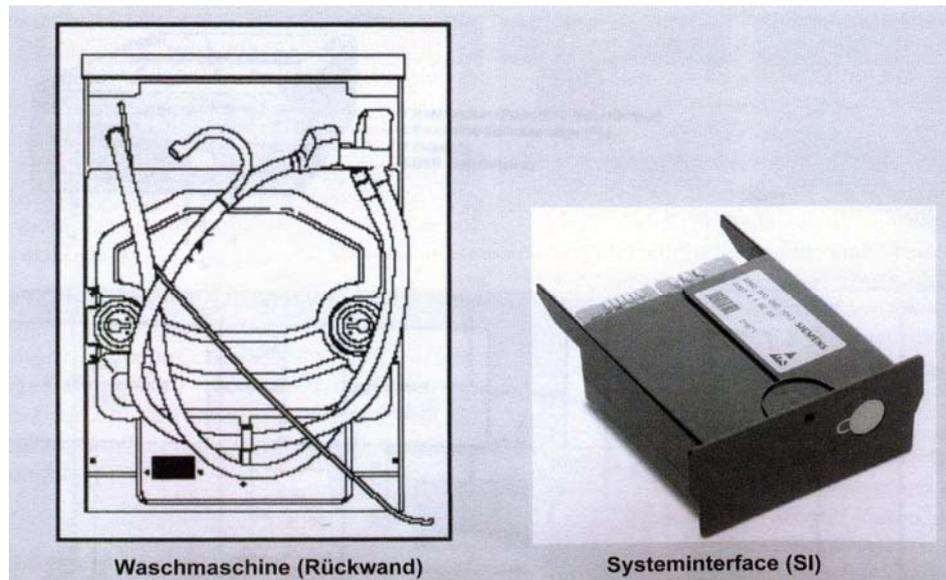


Abbildung 40: Waschmaschine mit Serve@Home Systeminterface [Ric06]

Oft werden solchen Modulen so genannte InfoModule (IM) nachgeschaltet. Diese lesen direkt Daten vom jeweiligen Bussystem über die jeweiligen Geräte aus und können somit dem Benutzer direkt Auskunft über dessen Status geben. Eine Waschmaschine könnte zum Beispiel eine Meldung: „Waschvorgang nach 12 min“ ausgeben. Bei geeigneten InfoModulen kann man auch eine Steuerung oder Parametrisierung solcher Geräte durchführen.

Ein solches System wurde zum Beispiel von der Firma Siemens unter dem Namen serve@Home [Ric06] entwickelt. Haushaltsgerätehersteller wie Bosch [52] und natürlich Siemens [53] vertreiben entsprechende Geräte und Module.

Intelligente Steckdose

Bei älteren Geräten, die über keinen Busanschluss verfügen, gibt es die Möglichkeit über die „Intelligente Steckdose“ auf deren aktuellen Betriebszustand zu schließen.

Von der TU-München wurde eine solche „Intelligente Steckdose“ entwickelt. Im Prinzip besteht diese aus einem Leistungsmesser, der Wirk- und Blindleistung messen kann. Dieser zeichnet die aufgenommene Leistung eines Gerätes während verschiedener Betriebsphasen auf. Anhand der gewonnenen Messkurve kann auf einen entsprechenden Betriebszustand des Gerätes geschlossen und einem Bussystem mitgeteilt werden [54].

Beispiel anhand eines Computer-Monitores

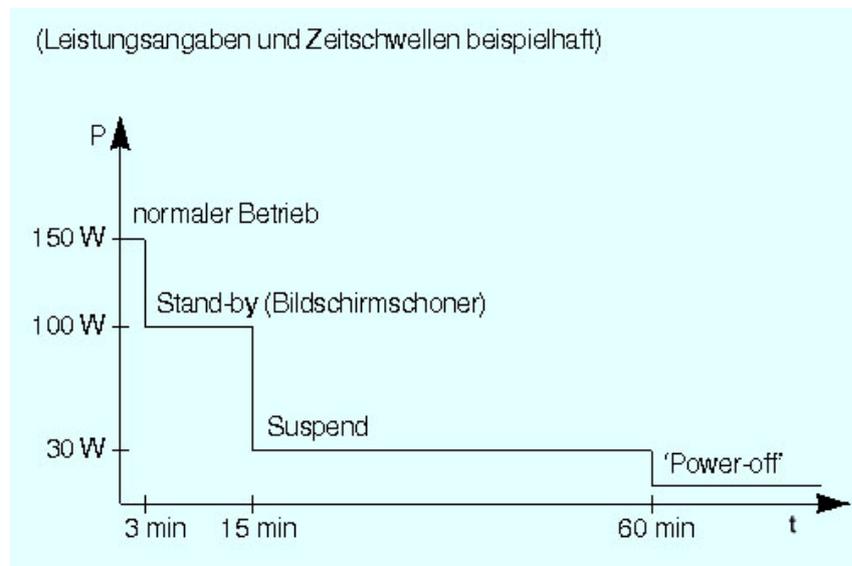


Abbildung 41: Leistungsmessung der „Intelligenten Steckdose“ [55]

5.5 Komplettsysteme für den Home - Bereich

In diesem Kapitel werden nun Komplettsysteme vorgestellt, die von Firmen entwickelt wurden, wo kein Bussystem verwendet wird, wie es bisher beschrieben wurde.

5.5.1 Testo

Das Home-Automation System der Firma Testo basiert auf Kommunikation über Funknetzwerke. Ursprünglich wurde es entwickelt zur Überwachung von Laborräumen, und wurde für den Home-Automation-Bereich erweitert.

Das Testo-System besteht dabei aus selbstständigen Überwachungs- und Steuerungsmodulen, die alle über eine Funkschnittstelle Daten miteinander austauschen. Dabei besitzen die einzelnen Module alle Sensoren integriert und werden nur mehr an das Stromnetz oder über Batterie mit Strom versorgt. Dies ermöglicht eine sehr einfache und sehr schnelle Installation, ohne großen Planungsaufwand. Jedoch ist das System wenig flexibel und nur schwer adaptierbar für Sonderlösungen. Die einzelnen Module bieten relativ wenig Funktion (meist nur ein oder maximal zwei Sensoren) und sind relativ teuer. Auch die Kommunikation mit anderen Technologien ist nur über teure Zwischenmodule möglich.

Typische Module eines Testo-Systems sind in der unteren Abbildung ersichtlich. Einzelne Funkmodule kommunizieren miteinander. Eine

zentrale Steuereinheit sammelt alle Daten und dient gleichzeitig zur Steuerung des Systems. Weiters kann die zentrale Steuereinheit mit einem Computer verbunden werden.



Abbildung 42: Typisches System der Firma Testo [56]

Die Firma Siemens hat ein ähnliches Produkt namens Synco entwickelt. Im Gegensatz zum Testo-System wird kein eigenes Übertragungsprotokoll verwendet, sondern der EIB/KNX-Standard. Genauere Informationen dazu können in Quelle [57] nachgelesen werden.

5.5.2 WAGO

Das WAGO-I/O-SYSTEM 750 ist ein modulare aufgebautes und feldbusunabhängiges E/A-System. Es besteht aus einem Feldbus-Koppler oder Feldbus-Controller und angereihten Busklemmen für beliebige I/O-Funktionseinheiten. Zusammen bilden diese einen Feldbusknoten, die auf einer Klemmschiene T35 befestigt und mit einer Endklemme abgeschlossen wird.



Abbildung 43: WAGO-750 Feldbusknoten [58]

Bei den Kopplern und Controllern gibt es dabei eine große Typenvielfalt, wo je nach Anwendung entschieden werden muss, welcher für den gewünschten Bus das passende ist. Dabei kann man wählen zwischen PROFIBUS, INTERBUS, ETHERNET TCP/IP, CAN, MODBUS, oder LON – Kopplern und Controllern.

Jeder Koppler oder Controller enthält dabei ein Feldbus-Interface, eine Elektronik und eine Einspeiseklemme. Das Feldbus-Interface bildet die physikalische Schnittstelle zum jeweiligen Feldbus. Die Elektronik verarbeitet die Daten der Busklemmen und stellt diese dem Feldbus bereit. Das System benötigt dabei eine 24 V Spannungsversorgung. Die Programmierung des Systems erfolgt mit der Software WAGO-I/O-PRO 32 [59].

An den Koppler oder Controller können Busklemmen für unterschiedliche digitale und analoge E/A-Funktionen sowie Sonderfunktionen angereicht werden. Die Kommunikation zwischen Koppler/Controller und Busklemmen erfolgt über einen internen Bus, den Klemmenbus.

Die Kommunikation zwischen Koppler/Controller und Busklemmen sowie die Spannungsversorgung der Busklemmen erfolgt über den Klemmenbus. Er besteht aus 6 Datenkontakten, die als Goldfederkontakte an den einzelnen Modulen angebracht und durch einen gesamten Knoten durch verbunden sind.

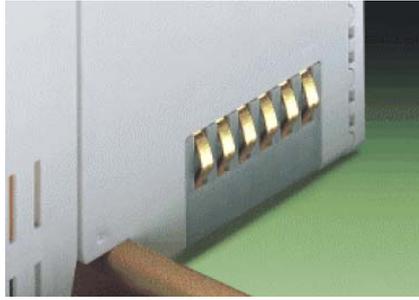


Abbildung 44: Datenkontakte von WAGO 750er – Modulen [58]

Das WAGO – System zeichnet sich somit durch seine Flexibilität aus. Nachteil ist jedoch der zentralisierte Ansatz. Bei Ausfall des Knotens ist das gesamte System betroffen. Es gibt zwar die Möglichkeit, mehrere Knotenpunkte verteilt und über den Feldbus zu verbinden, jedoch sind die Kernkomponenten relativ teuer und für ein verteiltes System aufwendig zu implementieren.

Zur Überwachung von kleineren oder räumlich nicht sehr weit verteilten Komponenten eignet sich das WAGO 750-System am besten.

6. Referenzprojekt: Rosinagasse

Beim Referenzprojekt handelt es sich um eine Altbau-Dachgeschosswohnung im 15. Wiener Gemeindebezirk. Diese wird von ihrem neuen Eigentümer, Hr. Nussbaum, renoviert und auf den Passivhaus-Standard umgebaut. Es ist einer der ersten Versuche in Österreich eine Altbau-Wohnung auf solche Art umzubauen. Es soll dabei als Vorzeigeprojekt in Österreich, dienen und wurde schon in diversen Fachzeitschriften erwähnt. Es gibt auch eine Homepage [60], in Form eines Blogs, der wie ein Tagebuch alle Renovierungsarbeiten dokumentiert. Begleitend dazu wird in Form dieser Diplomarbeit ein Konzept zur sensorischen Erfassung erstellt.

Die Wohnung, wenn sie fertiggestellt ist, soll später vom Eigentümer und seiner Familie benutzt werden.



Abbildung 45: Wohnung fotografiert von der Straße

Das Konzept soll alle Informationen enthalten, die nötig sind, um den gesamten Wohnraum mit Sensoren überwachen zu können. Es wurden dafür vom Wohnungsbesitzer diverse Planungsunterlagen geliefert, welche die Grundlage zur Ausarbeitung des Konzeptes bildeten.

6.1 Vorgehensweise zur Erstellung eines Konzeptes

Um ein geeignetes Konzept zur Durchführung einer sensortechnischen Überwachung zu entwerfen, wurden verschiedene Arbeitsschritte geplant.

1 Analyse der bestehenden Bedingungen

Struktur und Beschaffenheit der zu überwachenden Wohnung werden festgestellt und anhand eines vorhandenen Grundriss-Planes analysiert. Weiter wird ein Volumensmodell der Wohnung erstellt und damit das gesamte Luftvolumen der Wohnung berechnet.

2 Festlegung der zu überwachenden Bereiche und Grad der Überwachung

Jeder einzelne Raum wird auf Beschaffenheit, Funktion und Zweck untersucht. Aufgrund der gesammelten Daten werden Art, Anzahl und spätere mögliche Einsatzpositionen der Sensoren geplant und festgelegt. Dabei wird auch der Grad der Überwachung festgelegt.

3 Festlegung der einzusetzenden Sensoren und Netzwerk

Das Übertragungsmedium, die Sensoren und das Netzwerk sind zuständig für die Übertragung und Erfassung der Messwerte in der Wohnung und werden hier festgelegt und angewandt.

4 Verarbeitung und Aufbereitung der gewonnenen Information

Die datentechnische Verarbeitung und Aufbereitung (der gewonnen Messdaten durch GRPS-Modul, Datenbank, Server und PHP-Scripte) muss ebenfalls konzipiert werden. Anhand der gewonnenen Daten sollen Analysen über die Vorgänge in der Wohnung getroffen werden können.

5 Nachweis des Konzepts

Abschließend soll nachgewiesen werden, dass das Konzept funktioniert. Dafür sollen kleine Teile des Konzepts umgesetzt und protokolliert werden.

6.2 Grundriss und Aufbau der Wohnung

Die Wohnung liegt im Dachgeschoss eines Hauses in der Rosinagasse im vierten Obergeschoss. Die Wohnung selbst besteht aus zwei Ebenen. In der unteren Ebene ist der Wohn- und Lebensraum der Familie. Die Wohnung besitzt 11 Zimmer mit insgesamt 221,4 m² (siehe Abbildung 4). Die obere Ebene besteht aus einem einzigen offenen Bereich und wird daher in Rahmen des Konzepts nicht überwacht.

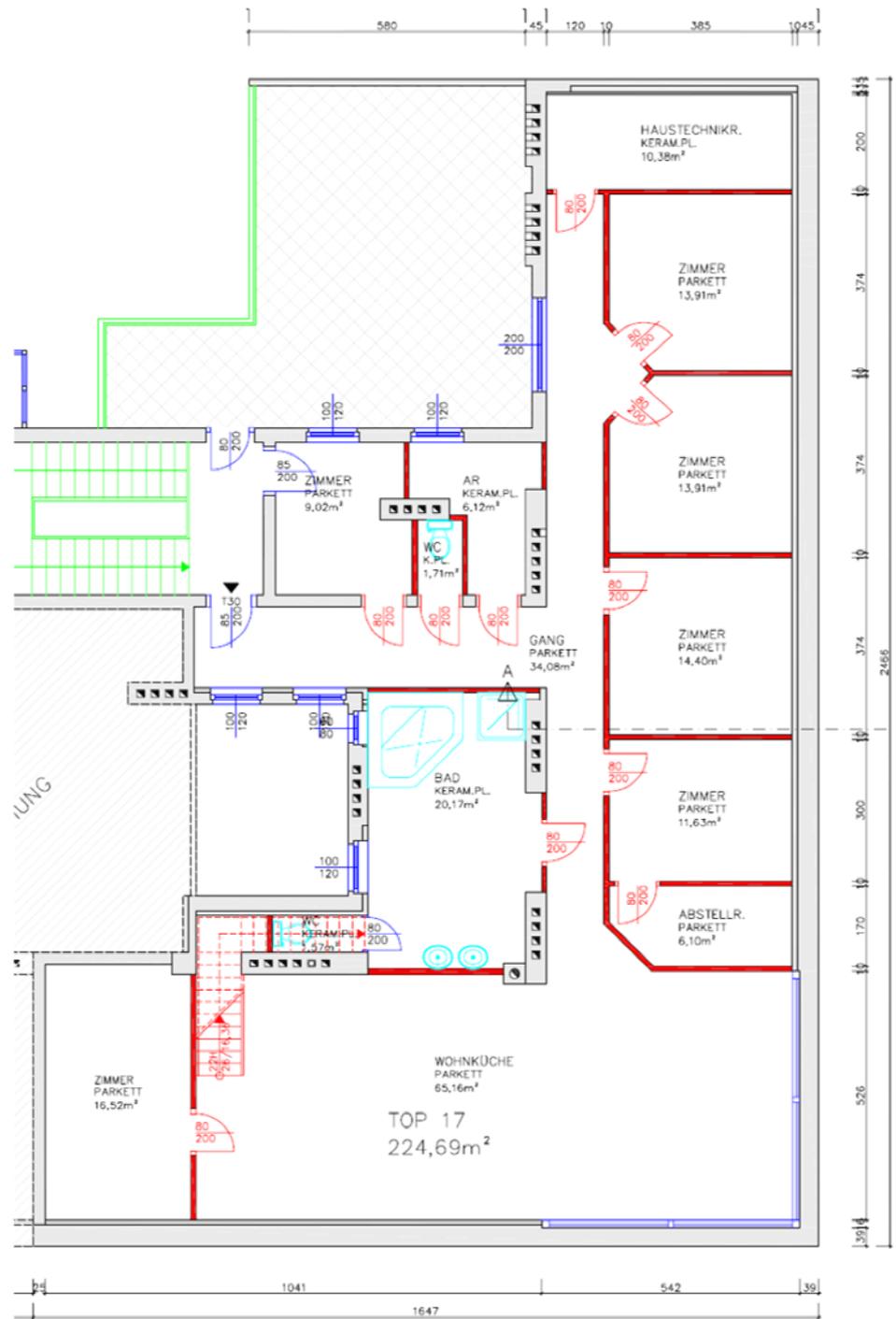


Abbildung 46: Raumordnungsplan; Stand September 2007 [60]

Ermittelt man die Passivhausbedingungen für diese Wohnung (nach Kapitel 2.4), so bekommt man bei einer Grundfläche von 221 m² eine maximale Heizlast von 2,21 kW für die gesamte Wohnung. Die Dachschrägen wurden dabei nicht berücksichtigt.

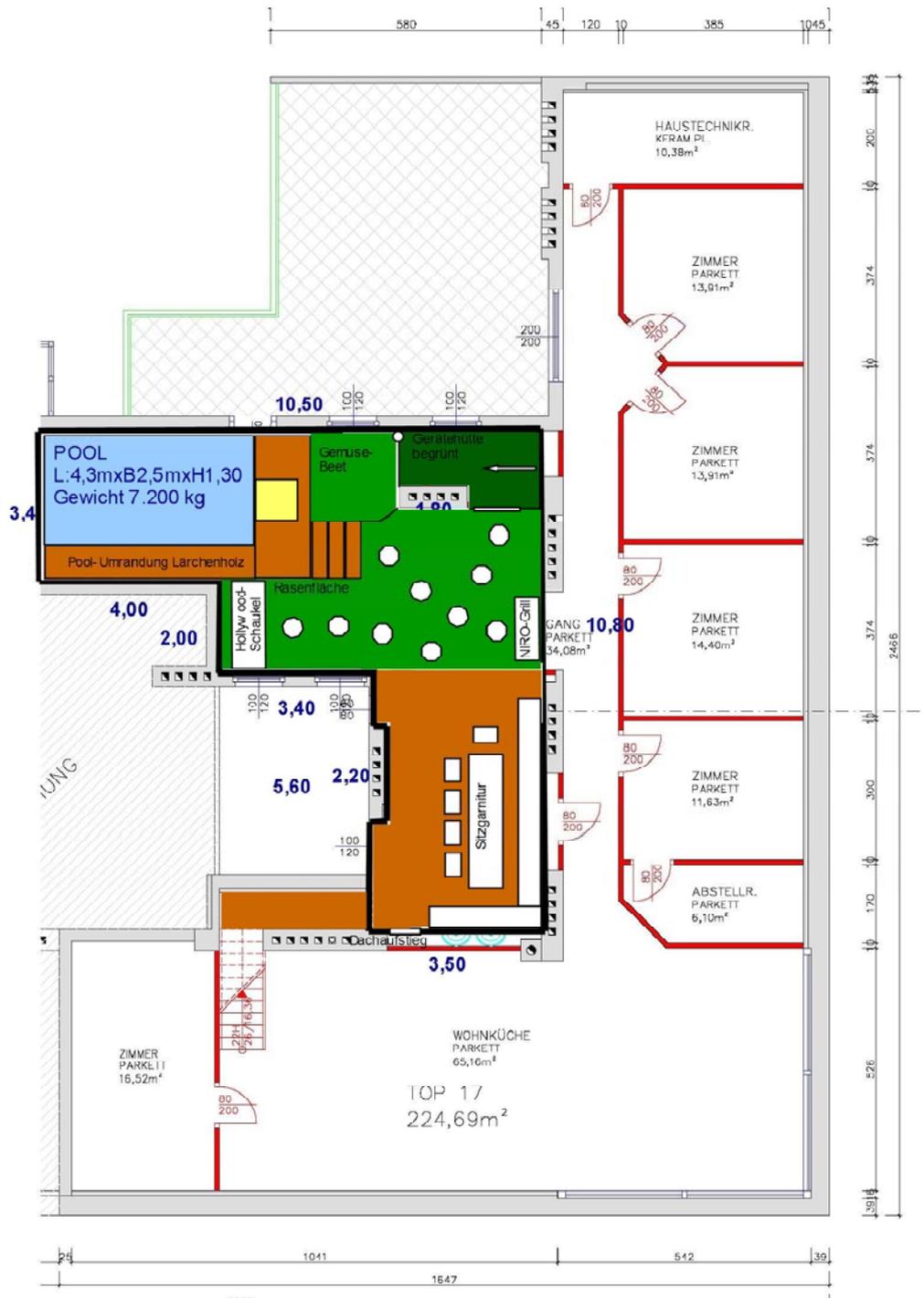


Abbildung 47: Obere Ebene mit Außenbereichen; (September 2007) [60]

Die obere Ebene befindet sich auf dem Dach, und besteht aus keinen Räumen sondern aus einem offenen Bereich. Sie ist nur für die Bewohner der Wohnung und nicht für andere Personen zugänglich. Darauf befinden sich lediglich eine geplante Grünfläche, ein Pool und ein Bereich mit Steinboden. Das Dach wird nicht für eine sensorische Überwachung herangezogen.

6.3 Volumenmodell

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein Volumenmodell der gesamten Wohnung erstellt. Als Vorlage diente ein 2D-Plan des Grundrisses.

Dieser lag in AutoCAD 2007© [61] vor und wurde dem Diplomanden freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Der Plan wurde mit AutoCAD 2008 © transformiert, von einem 2D-Modell in ein 3D-Modell. Dabei wurde speziell darauf geachtet, nur die reinen Innenvolumina (ohne Mauern oder Wände) zu gewinnen, um auch wirklich nur die Rauminnenvolumen zu erhalten. Dachschrägen wurden hier ebenfalls berücksichtigt. Vernachlässigt wurden hingegen Fenstereinbuchtungen und mögliche spätere Einrichtung, da diese das Gesamtergebnis der ermittelten Volumen kaum beeinflussen. Türvertiefungen wurden hingegen berücksichtigt, welche aus dem Plan auch gut ersichtlich waren.

Diese Aufgabe nahm einiges an Zeit in Anspruch und wurde mithilfe von Kenntnissen in AutoCAD und aus Fachliteratur [Rid06] umgesetzt. Die folgenden Abbildungen zeigen das Ergebnis der Arbeit.

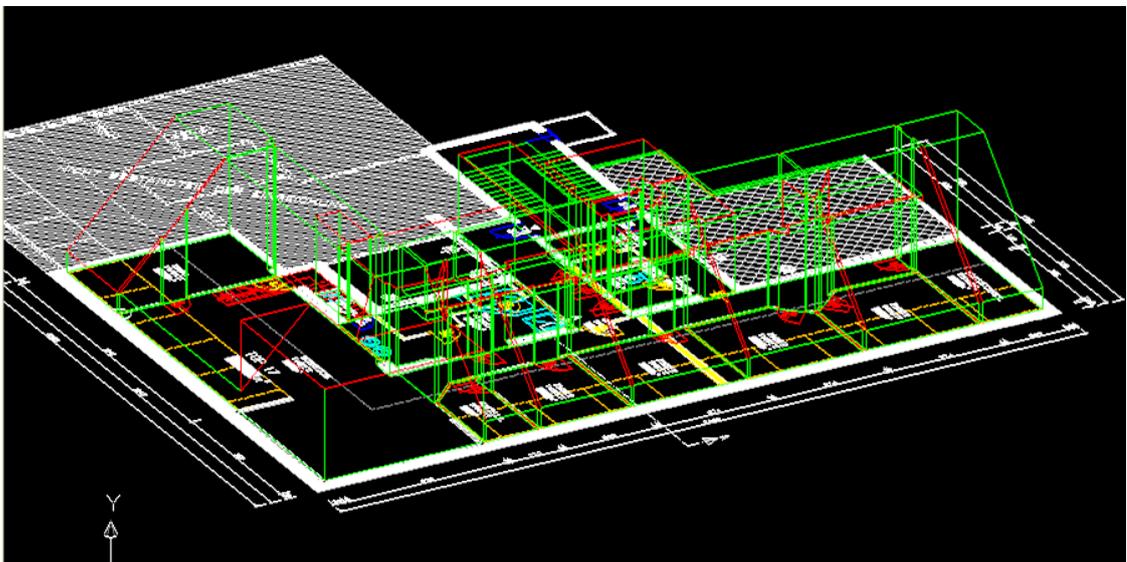


Abbildung 48: 3D-Gittermodell mit Grundriss – Informationen

Beim Erstellungsprozess wurde, wie bereits erwähnt von einem 2D-Plan ausgegangen. Dieser ist in obiger Abbildung als Grundfläche ersichtliche. Auf Basis dieses Plans wurden die Wände hochgezogen und 3D-Körper erstellt. Die Grundkörper waren dabei im grünen Layer. Aufgrund der Dachschräge der Wohnung mussten diese noch geschnitten werden. Dafür wurden „Negativ-Körper“ in einem anderen Layer (rot) gezeichnet und mittels der Differenz-Funktion von AutoCAD vom entsprechenden

Körper abgezogen. Daraus ergeben sich auch die roten Linien in der Grafik (siehe Abbildung 48 und 49). Diese sind lediglich die Überreste (die Schnittfläche) mit den Negativ-Körpern.

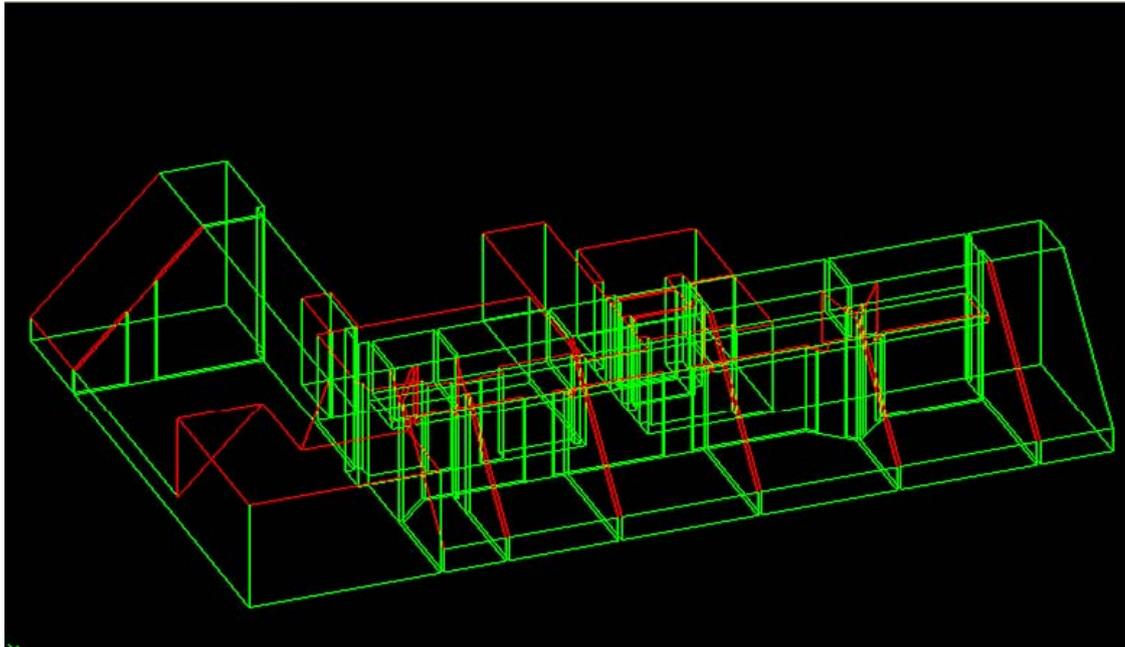


Abbildung 49: 3D-Gittermodell der gesamten Wohnung in AutoCAD 2008

Die obige Abbildung zeigt ein Gittermodell der gesamten Wohnung. Jeder Raum wurde dabei einzeln gezeichnet und besteht aus einzelnen 3-dimensionalen Körpern. Die grünen und roten Linien bilden dabei die jeweiligen Raumkanten.

Abbildung 50 und Abbildung 51 zeigen Vollmodelle der gesamten Wohnung. Diese Darstellung der Wohnung erleichtert dem Betrachter das Erkennen einzelner Räume und Volumenkörpern. Der Zugang zum Dachbereich ist in diesen 3D-Modell leider nicht ersichtlich. Aber laut Plan geht eine Stiege, die im Wohnzimmer beginnt, über dem kleinen Raum (zweites WC), der in Abbildung 51 gut ersichtlich ist, in einer 90-Grad Drehung nach oben.

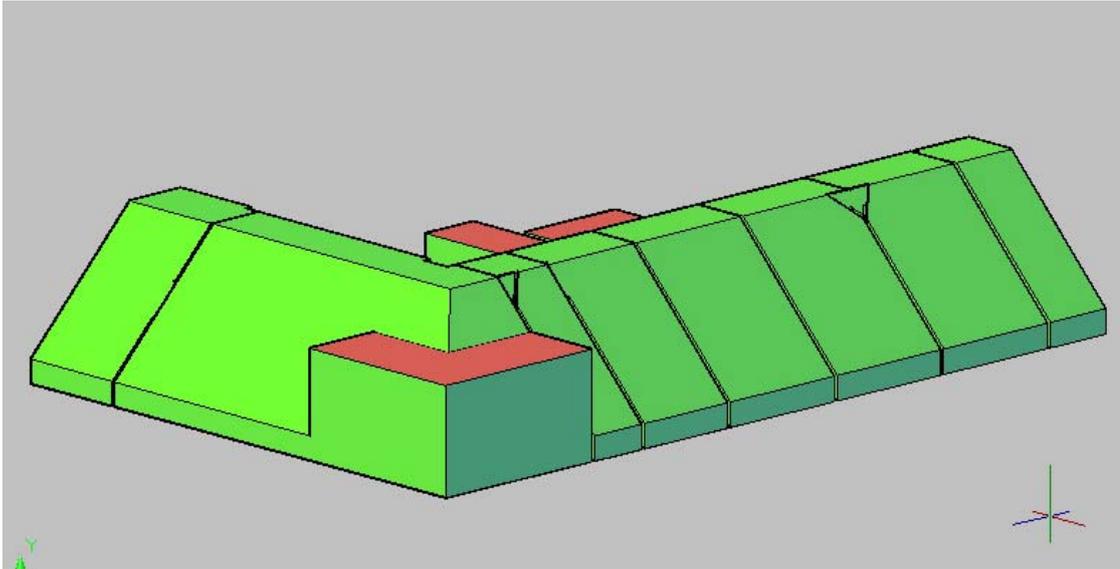


Abbildung 50: 3D-Vollmodell der gesamten Wohnung

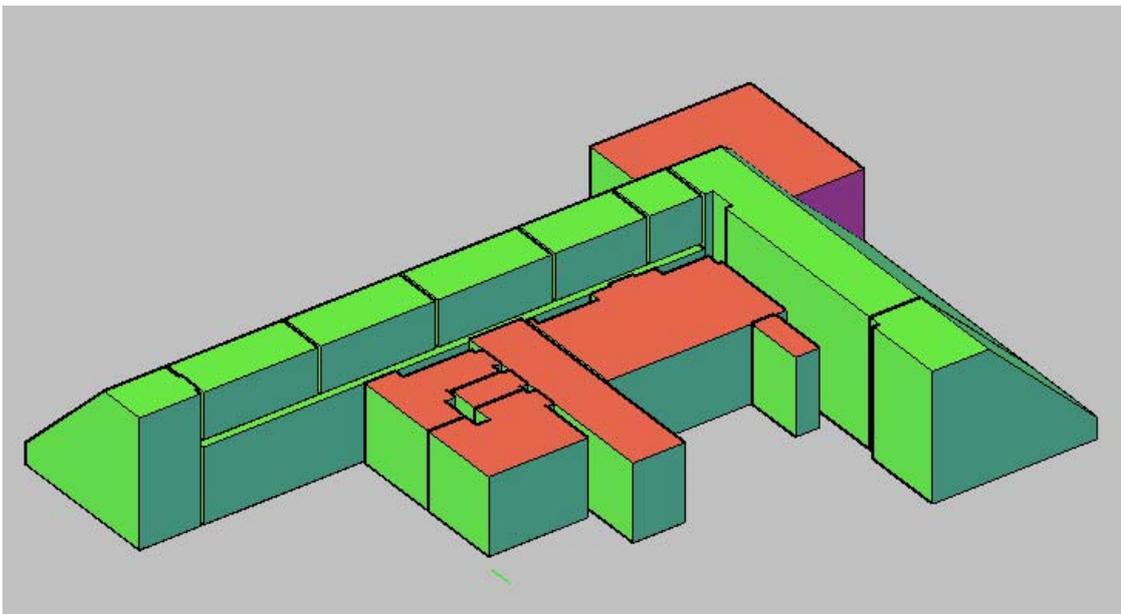


Abbildung 51: 3D-Vollmodell - Rückansicht der Wohnung

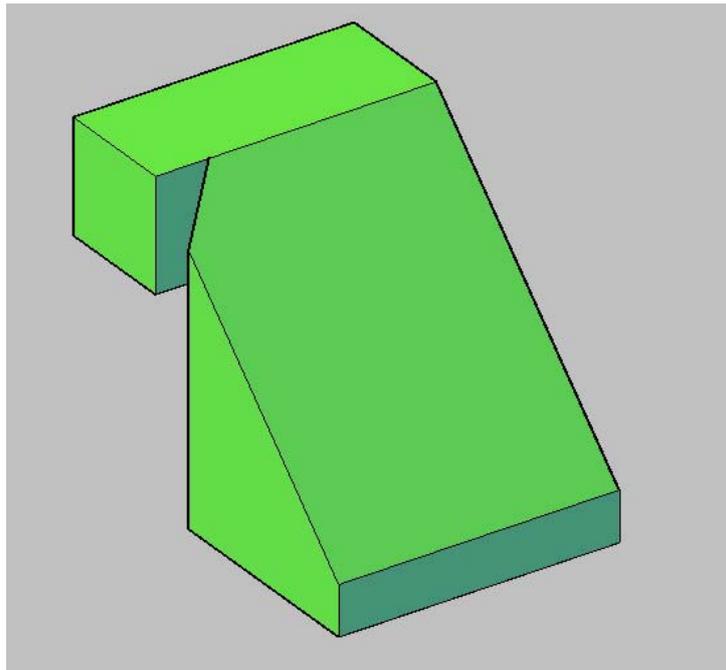


Abbildung 52: 3D-Vollmodell: Kinderzimmer 1

Die obige Abbildung zeigt einen der Räume als einzelnen 3D-Körper in der Vollmodellldarstellung. Es handelt sich dabei um das erste Kinderzimmer gleich neben dem Technikraum.

6.4 Berechnete Volumina

Für die einzelnen Räume wurde mittels der AutoCAD – Funktion „_massprop“ folgende Volumina für die einzelnen Räume ermittelt:

	Volumen
Technikraum	31,33760000 m ³
Kinderzimmer 1	42,87238958 m ³
Kinderzimmer 2	42,88060598 m ³
Kinderzimmer 3	44,43358344 m ³
Schlafzimmer	35,95999528 m ³
Begehbarer Schrank	18,77739072 m ³
Wohnküche	202,63604534 m ³
Büro	50,54836722 m ³
Badezimmer	51,52157500 m ³
WC 1	4,01390500 m ³
Gang	86,83604358 m ³
WC 2	4,37032750 m ³
Gästezimmer	23,04686650 m ³
Waschraum	15,63838850 m ³
Gesamt:	654,87308364 m³

Tabelle 6: Berechnung des Gesamtvolumens

Daraus ergibt sich ein rechnerisch ermitteltes Gesamtvolumen der Wohnung von 654m³ (real ± 5%) Dies entspricht auch dem gesamten

Luftvolumen der Wohnung. Dieses Volumen muss in der Wohnung mittels der Passivbauweise beheizt, beziehungsweise klimatisiert werden. Dieses große Luftvolumen stellt den Hausherren hier vor eine große Herausforderung, die nicht leicht zu bewältigen ist. Welche Maßnahmen und (finanzielle) Aufwendungen bisher dafür unternommen wurde, wird im Kapitel 8 aufgeführt.

Die Funktion „_massprop“ liefert nebenbei noch weitere Informationen über das erstellte Modell. Es lassen sich weitere Daten gewinnen wie Masse, Begrenzungsrahmen, Schwerpunkt, Trägheitsmomente, Deviationsmomente, Trägheitsradien und Hauptträgheitsmomente. Abbildung 53 zeigt die Anwendung der Funktion auf die gesamte Wohnung angewandt (alle Räume).

```
----- FESTKÖRPER -----  
Masse:                654873083.64  
Volumen:              654873083.64  
Begrenzungsrahmen:   X: 901.00  -- 2468.00  
                    Y: 0.00   -- 424.00  
                    Z: -2433.00 -- -55.00  
...
```

Abbildung 53: Berechnungsergebnis der Funktion „_massprop“

Zum obigen Textauszug sei angemerkt, dass sämtliche Koordinatenwerte abhängig vom gezeichneten Plan sind. Weiter ist die Einheit cm beziehungsweise cm^3 , daher die großen Zahlen. Eine Umrechnung in m^3 ist aber sehr einfach. Die berechnete Masse entspricht hier dem Volumen, da diese nicht parametrisiert wurde und von AutoCAD mit dem Standard Wert „1“ umgerechnet wird. Korrigiert man die Rechnung, mit der Dichte von Luft (bei 20°C , $1,293 \text{ kg/m}^3$), erhält man ein Gesamtgewicht des Luftvolumens für die gesamte Wohnung von 846,74kg.

7. Gesamtkonzept der umgesetzten Lösung

In diesem Gesamtkonzept werden die bisher gewonnenen Erkenntnisse aus den vorhergegangenen Kapiteln für das Referenzprojekt angewandt.

7.1 Gesamte Struktur

Nach Analyse der Grundstruktur der Wohnung wurde für die sensorische Überwachung des Wohnraums folgendes Konzept für eine technische Realisierung entworfen:

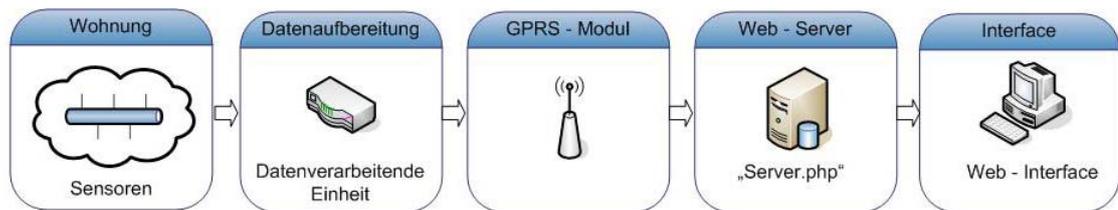


Abbildung 54: Übersicht des Grobkonzepts

Zu Beginn werden Sensoren in der Wohnung verteilt, beziehungsweise vernetzt und nehmen Messwerte auf. Diese Messwerte (analog oder digital) werden über das Netzwerk zur zentralen Datensammlung gesendet. Dort werden die Daten aufbereitet und an ein GPRS-Modul gesandt. Das GPRS-Modul überträgt die Sensordaten über das GSM-Funknetz direkt an eine Serveradresse im Internet. Der Server speichert die empfangenen Daten in einer Datenbank und stellt gleichzeitig ein Web-Interface zur Verfügung. Über dieses Web-Interface können die empfangenen Messwerte übersichtlich dargestellt und für Analysen verwendet werden.

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die einzelnen Punkte nun näher. Entscheidungskriterien für die jeweils vorgeschlagene Technologie sowie deren geplante Umsetzung werden vorgestellt.

7.2 Entscheidungen

Zur Realisierung der sensorischen Überwachung wurden mithilfe der bisher gewonnenen Informationen Entscheidungen für die verwendeten Technologien getroffen.

7.2.1 Übertragungsmedium

Wie bereits in Kapitel 5.1 erwähnt muss beim Übertragungsmedium zwischen Sensor-Leitungen und der Busleitung unterschieden werden. Anhand der Tabelle aus dem vorherigen Kapitel wurde für Signalleitungen folgende Entscheidung getroffen:

- Einsatz von Twisted Pair-Kabeln bei Signalleitungen

Begründung: Sensorleitungen sind typischerweise Kabelverbindungen zwischen Sensoren und Auswertelogik, über die Ströme und Spannungen übertragen werden. Aus Kostengründen und aufgrund der bereits gegebenen Schirmwirkung von TP ist dieser Kabeltyp gut geeignet für das Referenzprojekt.

- als Übertragungsmedium für ein Netzwerk werden TP-Kabeln gewählt

Das benötigte Bussystem für die Überwachung benötigt keine besonders hohen Datenübertragungsraten. Es befinden sich keine zeitkritischen Systeme oder sonstige Eigenschaften im System, die spezielle Anforderungen an das Bussystem stellen würden. Aufgrund der weiten Verbreitung von TP besitzen die meisten Typen von Busgeräten unabhängig vom Hersteller bereits genormte und standardisierte Anschlüsse für TP. Twisted Pair ist in diesem Fall somit die günstigste und beste Lösung für ein Netzwerk.

7.2.2 Grad der Überwachung und Sensortypen

Anhand der Erkenntnisse der vorhergegangenen Kapitel wird nun der Grad der Überwachung festgelegt. Dies impliziert auch die Festlegung, welcher Sensortyp für den jeweiligen Bereich verwendet werden muss.

Um eine möglichst komplette Überwachung des gesamten Wohnraums zu bekommen, müssen alle Räume betrachtet werden. Dabei müssen alle potentiellen aktiven und passiven Wärmequellen und Wärmeverlustquellen für jeden Raum identifiziert werden. Dafür wurde folgende Tabelle erstellt:

	Grad der Überwachung	Verwendeter Sensor
Raumklima		
Temperatur	Jeder Raum	Temperatursensoren
Luftfeuchtigkeit	Technikraum, Badezimmer, Wohnraum	Feuchtigkeitssensoren
Wärmequellen		
Elektische Lichtquellen	Jeder Raum	- Überwachung mittels Schaltkontakt - Stromschleifenerkennung - Optokoppler
Spezielle Elektrogeräte	nach Kenntnis der Standorte	- Leistungsmessung
Steckdosen	alle	- Relais - Optokoppler
Wärmetauscher	Haustechnikraum	- Temperaturmessung des Zu- und des Abluftstromes
Personenüberwachung	Eingangsbereich	- mittels Lichtschranke und Waagensystem
Holzofen	Wohnküche	- mittels Temperatursensor am Außenbereich
Wärmeverlustquellen		
Türen und Fenster	alle	- mittels Reed-Kontakte
Spezialfälle		
Verbraucher von Naturprodukten	Haustechnikraum	- Durchflussmessung von Wasser- und Gas mittels Durchflussmesser
Beschattung	keine	- Überwachung der Jalousien mittels Lichtsensoren - Zählung von Schrittsensor-Steuerung
Solare Gewinne	2 Häuserseiten (jeweils außen und innen)	- Helligkeitssensoren
U-Wert – Bestimmung	Außenseite	- Temperatursensor

Tabelle 7: Tabelle Sensortypen

Es folgen nun einige Anmerkungen zur obigen Tabelle.

Raumklima: Das Raumklima sollte für jedes Raum bestimmt werden können. Dazu muss zumindest die Temperatur jeden Raumes bekannt sein. Die Luftfeuchtigkeit muss nicht in jedem Raum gemessen werden, da sich diese in der gesamten Wohnung (im Prinzip) gleichmäßig verteilen sollte (über den Wärmetauscher). Nur spezielle Räume wie Bad oder der Haustechnikraum bilden hier Ausnahmen und müssen gesondert überwacht werden.

Wärmequellen: Unter speziellen Elektrogeräten werden Geräte verstanden, die im Betrieb eine relativ starke Wärmeentwicklung haben. Darunter fallen zum Beispiel Elektroherde, Computer, Fernseher,

Trockner, Geschirrspüler und Waschmaschinen, (siehe auch Kapitel 3.3.2).

Die Personenüberwachung wird hier nur grob umgesetzt (siehe Folgekapitel 7.2.9).

Spezialfälle: Beim Verbrauch von Naturprodukten (Gas, Wasser) entsteht ebenfalls direkt oder indirekt Wärme. Um nun Rückschlüsse zwischen Verbrauch und Wärmegewinn zu erhalten, ist hier eine Überwachung geplant.

Für die Beschattung durch Jalousien ist in diesem Konzept keine Lösung vorgesehen, da zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit keine Kenntnis über deren Beschaffung möglich war. Eine mögliche Umsetzung ist jedoch im Kapitel 3.3.5 angeführt.

Die solaren Gewinne werden ermittelt, indem Helligkeitssensoren an jeweils um 90 Grad unterschiedlichen Häuserfronten (außen) angebracht werden. Durch die Dachschräge bekommt man hier Informationen über den Sonnenstand, die Richtung des Lichteinfalls und dessen Intensität. In der Wohnung wird ebenfalls die Sonneneinstrahlung gemessen (durch die Fenster). Daraus können Rückschlüsse über die solaren Gewinne gewonnen werden.

In Kapitel 3.5 wurde erwähnt, wie man den Gesamt-U-Wert für eine Wohnung ermitteln kann. Zu diesem Zweck benötigt man die Innentemperaturen der Wohnung und die Außentemperatur. Für das Konzept wird hierbei die Annahme getroffen, dass die Außentemperatur überall konstant ist.

7.2.3 Dimensionierung der Sensoren

Wendet man den im vorherigen Kapitel besprochenen Überwachungsgrad auf die Wohnung an, so kann man auf die Anzahl der Sensoren schließen. Daraus kann man eine Aufwandsabschätzung für eine Installation ableiten.

Anhand des Grundrissplans wurde die gesamte Wohnung analysiert und nach aktuellem Wissenstand der zukünftigen Elektroinstallation die komplette sensorische Überwachung entworfen. Diese ist in folgender Abbildung ersichtlich:

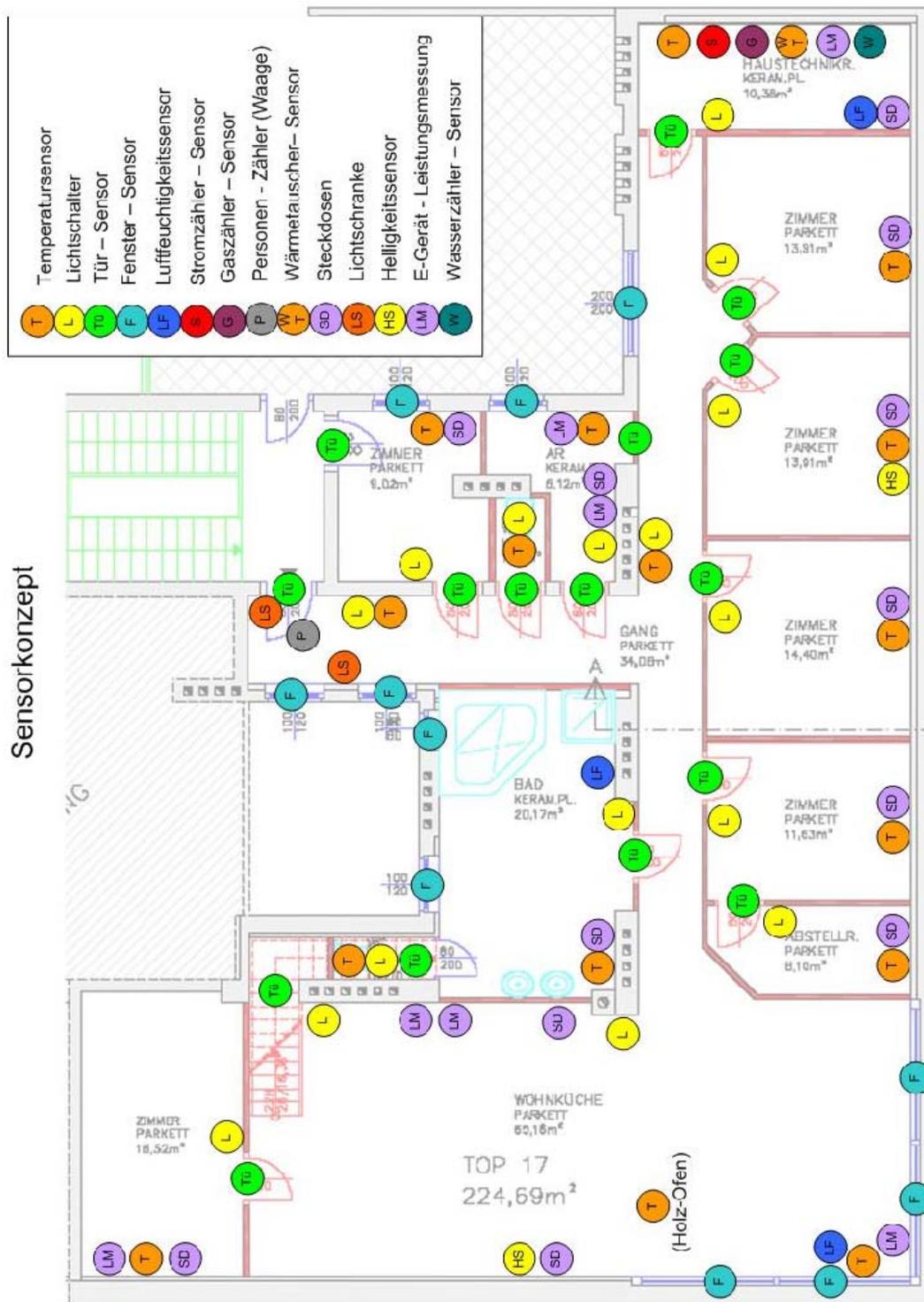


Abbildung 55: Sensorplan des Wohnbereichs

In der Abbildung 55 sind einige Aussenfenster- und Helligkeits- und Temperatursensoren für die Überwachung der Aussenseiten nicht eingezeichnet. Diese sind im Dachgeschoss-Plan der Wohnung eingezeichnet und in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich:



Abbildung 56: Sensorische Überwachung, Fenster und Außenbereiche

Zählt man nun alle Sensortypen zusammen, so erhält man nach aktueller Planung folgende Tabelle:

Sensorart	Stk
Temperatursensoren	16
Strom – Sensor (Leistungsmessung)	7
Luftfeuchtigkeits – Sensor	3
Wärmetausch - Sensor (Temperatur im Luftstrom)	2
Personen - Sensor (Waage)	1
Helligkeitssensor - Sensor	4
Lampen- Sensoren (Stromfluss-Detektor)	15
Steckdosen (Stromfluss-Detektor)	12
Tür - Sensoren (Reed-Kontakte)	16
Fenster - Sensoren (Reed-Kontakte)	33
IR - Schranke	2
Gasmengen - Sensor	1
Wassermengen - Sensor	1
GESAMT	113

Tabelle 8: Gesamtanzahl der geplanten Sensoren

7.2.4 Netzwerk, Bussystem, datenverarbeitende Einheit

Die Entscheidungen welches Netzwerk, Bussystem oder datenverarbeitende Einheit verwendet wird, sind eng miteinander verknüpft. Zwei gut geeignete Systeme wurden für die Entscheidung näher betrachtet. Es wurde für das System WAGO-I/O-SYSTEM 750 und dem EIB/KNX-Bus komplette Aufwandsberechnungen (Anzahl der Sensoren, Module, Kabellänge) und eine Gesamtkostenberechnung (mit recherchierten Preisen aus dem Internet) durchgeführt, um herauszufinden, welches System das geeignetere ist. Mögliche anfallende Arbeitszeit und extra notwendige Installationsarbeiten werden dabei nicht berücksichtigt. Nur der Materialaufwand wird berechnet.

7.2.4.1 WAGO-I/O-SYSTEM 750 System – Aufwandsberechnung

Es folgt nun eine Aufwandsberechnung mit dem modularen WAGO 750er I/O-System. Dabei wurde die Annahme getroffen, das zentrale Modul befindet sich im Geräteraum.

Zuerst wurden entsprechende Kabellängen ermittelt. Dazu wurde eine Tabelle erstellt (siehe Anhang), welche auf Tabelle 9 zusammengefasst und gekürzt wurde. Die Ermittlung der einzelnen Kabellängen von Sensor zu Modul wurde anhand des vorliegenden Grundrissplans durchgeführt. Es wurde auch etwas Spielraum mehr (zwei Meter pro Sensor) dimensioniert.

Raum	Sensoranzahl	Kabellänge (Einzelverkabelung)	4 Adrige Kabel
Kinderzimmer 1	7	8035	2494
Kinderzimmer 2	9	13124	3243
Kinderzimmer	7	13269	3989
Schlafzimmer	6	13172	4589
Begehbarer Schrank	4	9748	2777
Haustechnikraum	10	3485	1385
Gang	11	14984	6185
Gästezimmer	5	6800	2760
Abstellraum	8	7200	3280
Bad	7	13154	3919
WC 1	3	6966	2322
WC 2	3	3144	1048
Wohnküche	26	65562	19382
Büro	7	30577	8822
Gesamt	113	209220 cm	66195 cm

Tabelle 9: Berechnung des gesamten Kabelaufwandes

Es ergibt sich eine gesamte Kabellänge von über zwei km! Mit intelligentem Einsatz von gebündelten TP-Kabeln (vier Bündel in einer Leitung) kann man den Verkabelungsaufwand reduzieren, kommt aber immer noch auf eine Länge von über 650m. Weiters kommt hinzu, dass über 100 Kabelpaare mit dem zentralen Modul verbunden werden müssten, was schwierig und wenig übersichtlich ist. Weiters wird die Dämpfung bei langen Messleitungen problematisch.

Die nötige Anzahl von Sensoren und deren TYP wurde in folgender Tabelle zusammengefasst:

Artikel	Stück	Preis/Stk	Gesamt	Bemerkungen
Temperatur - Sensoren				
TO 92, PT 1000, KL. B TEMP. SENSOR	19	5,72	108,68	Temp-Sensor; Pt 1000
Reed - Kontakte				
Magnetkontakt RS 168B NO	49	3,59	175,91	Reed - Kontakt
Stromfluss - Erkennung				
HCPL3700 OPTOKOPPLER	29	5,25	152,25	Opto-Koppler mit integr. Gleichrichter
Kabel				
300m Twisted Pair	3	73,9	221,7	4 fach Kabeltrommel
Feuchtigkeitssensor				
HU1015NA: FEUCHTESENSOR	4	14,3	57,2	relativen Luftfeuchte, liefert Spannungswert
Durchfluss-Sensoren				
FUELLSTANDSENSOR LCS 02	1	10,9	10,9	Schraubkontakt mit PVC-Schwimmer
DURCHFLUSSMESSER FCH-M	1	22,5	22,5	10000 Impulse/l
Gasmengenzähler	1	200	200	Schätzung
Waage				
Tisch und Bodenwaage bis 200 kg	1	699	699	Maße 660x550 mm
Lichtschanke				

IR-LICHTSCHRANKE/S/E	2	33,95	67,9	IR - Sensor - Sender & Empfänger
Leistungsmessung				
diverse Bauteile	36	10	360	Schätzung
Helligkeitssensor				
FW 300 FOTOWIDERSTAND	4	3,63	14,52	Lichtsensoren
Gesamt			2090,56	

Tabelle 10: Berechnung Sensor-Aufwand bei Einsatz des WAGO 750er I/O-System

Die nötigen Module für das WAGO 750er I/O-System wurden in der nächsten Tabelle zusammengefasst:

Artikel	Stk.	Preis/Netto	Summe	Bemerkungen
TO-PASS M WEB Modbus	1	752,10	752,10	Web - Modul
Wurfantenne, 2,5 m Anschlussleitung	1	27,25	27,25	Antenne für Web - Modul
Feldbus-Controller & Systemklemmen				
Starter Kit 2	1	458,85	458,85	Beinhaltet: 1x EthernetController 1x 2K DI Klemme 24VDC 1x 2K DO Klemme 24V 0,5A 1x Endklemme 1x Netzgerät 24V 1,3A 1x Software DLL/MODBUS 1x Programmierskabel 1x Software WAGO I/O-PRO CAA
Potentialeinspeisung, 24V DC, mit Sicherungshalter	1	13,04	13,04	Einspeisung für Potential (wenn viele Module angeschlossen sind)
RS 232 ADJUSTABLE	1	203,50	203,5	RS232 - Schnittstelle (nötig für Kommunikation mit TO-PASS - Modul)
Ein-/Ausgangs-Klemmen				
8-Kanal Digital Eingangsklemme, 1-Leiter- Anschluss, 24V DC 3,0ms	10	36,13	361,34	für Schließkontakte (Reed, Optokoppler,...)
8-Kanal Digital Ausgangsklemme, kurzschlussfest, 24V DC 0,5°	3	40,77	122,30	für Schließkontakte (Reed, Optokoppler,...)
4-Kanal Analog Eingangsklemme, ± 10V DC, single-ended	9	127,86	1150,71	Einlesen von Spannungen
4-Kanal Analog Ausgangsklemme, ± 10V DC	3	138,05	414,15	Versorgung von Sensoren
Vor-/Rückwärtszähler DC 24 V, 100 kHz; für TS 35; CAGE CLAMP®-Anschluss	2,00	163,80	327,60	Spezielles Modul für digitale Impulszählung, für Durchflussmessungen
4AI 0-20mA SINGLE ENDED	1	150,42	150,42	Einlesen von Strömen
Gesamt/Netto			3 981,25 €	
Brutto			4777,50 €	

Tabelle 11: Berechnung nötiger Module für den Einsatz von WAGO-I/O-SYSTEM 750

Technische Details der einzelnen Module können der Quelle [62] entnommen werden.

7.2.4.2 EIB/KNX – Aufwandsberechnung

Eine wesentlich übersichtlichere und strukturierende Lösung bilden dezentrale Lösungen, wie der Europäische Installationsbus EIB/KNX. Gegenüber dem WAGO-I/O-SYSTEM 750 reduziert sich der Einsatz der Verkabelung erheblich, und die Übersichtlichkeit steigt stark an. Auch die Sensorleitungen werden kürzer, was die Signalqualität steigert.

Die Ergebnisse der Berechnung der Kabellängen für EIB/KNX sind in Tabelle 12 ersichtlich. Die Berechnung der Kabellänge für einen Raum ergibt sich dabei aus der Summe der Sensorleitungen und der Summe der Buskabel im Einzugsbereich des jeweiligen Raums. Die detaillierte Berechnung kann dem Anhang entnommen werden.

Raum	Modulanzahl	Kabellänge
Kinderzimmer 1	4	2544
Kinderzimmer 2	6	3194
Kinderzimmer	4	2694
Schlafzimmer	4	2519
Begehbarer Schrank	3	1545
Haustechnikraum	9	2655
Gang	8	5607
Gästezimmer	4	1880
Abstellraum	6	2200
Bad	4	2100
WC 1	3	1100
WC 2	3	1100
Wohnküche	15	8068
Büro	5	1450
Gesamt	75	38856 cm

Tabelle 12: Berechnung nötiger Module für den Einsatz mit dem EIB/KNX Bus

Je nach Hersteller gibt es die verschiedensten Module und Sensoren für den EIB/KNX-Bus. Aus der Vielzahl an Möglichkeiten wurden passende Module ausgewählt. Diese Module wurden auf das Konzept zur Überwachung angewandt. Als Ergebnis ist in Tabelle 13 die Anzahl der einzelnen nötigen Typen und die Gesamtanzahl der Module ersichtlich:

Module	Stk
EIB/KNX - Stromversorgung + Drossel	1
Datenverarbeitendes Modul	1
Buskoppler - Modul	1
Helligkeitssensor (außen)	2
Helligkeitssensor (innen)	2
I/O-Modul (4 Anschlüsse)	18
I/O-Modul Impulsmesser	1
Leistungsmesser - Modul	7
Lichtschalter Sensor - Aktor	16
Steckdosen-Modul	12
Temperatur- & Feuchtigkeitssensor	3
Temperatursensor	12
Temperatursensor - Wärmetauscher	1
Temperatursensoren - Außen	1
Temperatursensor - Ofen	1
Gesamt	79

Tabelle 13: Berechnung erforderlicher Module für den Einsatz für den EIB/KNX-Bus
Für manche Sonderlösungen (z.B.: Temperatursensor Wärmetauscher) werden noch extra Sensoren benötigt, die mit den entsprechenden I/O-Modulen erst verbunden werden müssen. Dazu wurde folgende Anzahl an Sensoren ermittelt:

Artikel	Stk	Preis/Stk	Gesamt	Bemerkungen
Temperatur - Sensoren				
TO 92, PT 1000, KL. B TEMP. SENSOR	5	5,72	28,6	Temp-Sensor; Pt 1000
Reed - Kontakte				
Magnetkontakt RS 168B NO	49	3,59	175,91	Reed - Kontakt, Plastik-Bauform, Kabel
500m Twisted Pair				
Feuchtigkeitssensor	1	127,27	127,27	4 Adriges TP-Kabel
FEUCHTESENSOR				
Durchfluss-Sensoren	2	9,99	19,98	relative Luftfeuchte, benötigt ev. Zusatzbeschaltung
FUELLSTANDSENSOR LCS 02				
DURCHFLUSSMESSER FCH-M	1	10,9	10,9	Schraubkontakt mit PVC-Schwimmer
Gasmengenzähler	1	22,5	22,5	10000 Impulse/l
Waage				
Tisch und Bodenwaage bis 200 kg	1	200	200	Schätzung
Lichtschranke				
IR-LICHTSCHRANKE/S/E	1	699	699	Maße 660x550 mm
Leistungsmessung				
diverse Bauteile	2	33,95	67,9	IR - Sensor - Sender & Empfänger
Helligkeitssensor				
FW 300 FOTOWIDERSTAND	7	10	67,9	diverses
Helligkeitssensor				
FW 300 FOTOWIDERSTAND	4	3,63	14,52	Lichtsensor
Gesamt			1408,78	

Tabelle 14: Sensoren für den Einsatz von EIB/KNX-Bus

7.2.4.3 Kostenvergleich und Entscheidung

Vergleicht man nun beide Systeme in finanzieller Hinsicht, so ergibt sich folgendes Bild:

	WAGO	EIB/KNX
Steuereinheiten	4 777,00 € (Brutto)	12 901 € (Brutto)
Sensoren + Kabel	2 091,56 € (Brutto)	1408,78 € (Brutto)
Gesamt	6 876,56 € (Brutto)	14 244,77 € (Brutto)

Tabelle 15: Kostenvergleich WAGO-I/O-SYSTEM 750 und EIB/KNX-Bus

Alle Berechnungen sind dabei ohne Arbeitszeit oder Implementierung der Webpage gerechnet. Nur reine Materialkosten wurden betrachtet.

Wie man sieht, ist der finanzielle Unterschied relativ groß. Im Konzept ist der Preis aber keine ausschlaggebender Faktor bei der Entscheidung. Er dient hier nur zur Information.

Betrachtet man nun die Vorteile und Nachteile beider Systeme, so überwiegt der EIB/KNX-Bus. Daher hier die Entscheidung:

- Verwendung des EIB/KNX-Bus-Systems

7.2.5 GPRS – Modul

Als GPRS-Modul wird das TO-PASS™ Modul der Firma WAGO gewählt.

Das Modul bildet eine komplette Funktionseinheit für diverse I/O und ist mit einem GSM-Modem ausgestattet. Diese Module werden auch „Fernwirkmodule“ genannt und dienen im Grunde dazu, digitale und analoge Signale von Sensoren aufzunehmen und an eine übergeordnete Steuerungen weiterzuleiten. Dabei können die gesendeten Daten auch leicht vorverarbeitet werden. Zusätzlich bietet das Modul die Möglichkeit, über eine integrierte RS232-Schnittstelle mit dem ModBus Daten auszutauschen zu können. Über diesen Bus kann das Modul zum Beispiel mit anderen Funktionseinheiten wie dem WAGO-I/O-SYSTEM 750 leicht eine Verbindung aufbauen.

Aufgrund der einfachen Integrierbarkeit und der flexiblen Einsatzmöglichkeit in bestehenden Systemen wurde das TO-PASS-Modul gewählt. Damit lässt sich relativ einfach eine Kommunikation mit einem Server über GPRS realisieren.

Eine genauere technische Beschreibung des Funktionsumfangs eines TO-PASS-Moduls ist im Kapitel 7.5 zu finden.

7.2.6 Server, PHP

Es wurde eine aktuelle Version des Apache-Server [64] ausgewählt. Er steht unter der Public Licence und kann daher kostenlos verwendet werden. Weiter verfügt er über alle nötigen Funktionen, die benötigt werden, um das Projekt umsetzen zu können.

Hier eine kurzer Auszug des Funktionsumfangs, der für das Konzept nötig ist:

- http-Server
- Datenbankbindung an MySQL
- Script-Ausführung möglich (PHP, javascript, etc...)

7.2.7 Datenbank

Es wurde eine MySQL-Datenbank [65] gewählt. Der MySQL Server stellt dabei ein relationales Datenbankverwaltungssystem dar. MySQL ist eine Open-Source-Software und für verschiedene Betriebssysteme verfügbar. Es bietet ebenfalls alle nötigen Funktionen, die für das Projekt nötig sind.

Hier eine kleine Liste der Funktionen, die an eine Datenbank für das Konzept gestellt werden:

- Datenbanken und Tabellen
- SQL-Befehle sollen unterstützt werden
- soll mit Server zusammenarbeiten können

7.2.8 Web-Interface

Für das Web-Interface wurden PHP-Scripte und statische HTML-Seiten gewählt. Die statischen HTML-Seiten bieten Informationen rund um das Projekt. Die PHP-Scripte bauen bei jedem Aufruf Seiten dynamisch neu auf (wo Messwerte und andere dynamische Inhalte nötig sind). Als Programmiereditor wurde HTML-Studio [66] eingesetzt. HTML, PHP sind die gängigsten Standards bei der Programmierung von Homepages.

7.2.9 Personenüberwachung

Zur sensorischen Überwachung der Personen im Haushalt, beschränkt man sich im Rahmen des Konzeptes auf eine einfache Präsenzmeldung im Eingangsbereich der Wohnung. Die Detektierung soll dabei rein passiv sein. Konzipiert wurde eine Kombination zweier Lichtschranken (IR) und einer Waage (siehe Abbildung 57). Die zwei Lichtschranken dienen dazu, Personen und deren Laufrichtung zu zählen, und um Information zu erhalten, ob jemand die Wohnung gerade betritt oder verlässt. Die Waage befindet sich zwischen den beiden Lichtschranken und muss so installiert werden, dass die Wiegefläche betreten werden muss. Weiters ist zu implementieren, dass anhand der Gewichtsmessung unterschieden werden kann, ob eine oder mehrere Personen sich auf der Waage befinden. Wie eine solche Umsetzung aussehen kann, ist in Abbildung 57 ersichtlich. Ein Berechnungsprogramm, welches die gemessenen Gewichtswerte den Personen zuordnet, muss hier ebenfalls vorgesehen werden. Die gewonnenen Informationen werden datentechnisch in einem Bus-Funktionsmodul berechnet.

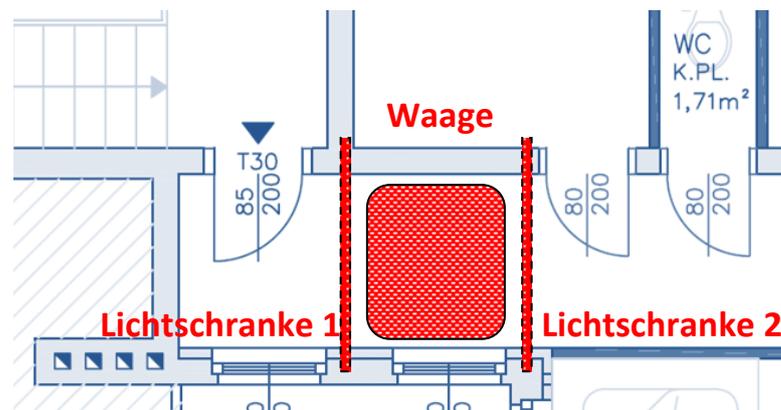


Abbildung 57: Prinzip der Personendetektierung im Eingangsbereich

7.3 Verwendetes Sensor-Netzwerk

Zum Einsatz kommt ein EIB/KNX-Bussystem, welches bereits in Kapitel 5.3.1 vorgestellt wurde. Exemplarisch für die gesamte Wohnung werden nun konzipierte Lösungen für zwei Räume nach letztem Wissensstand der Elektroinstallation im Detail anhand von Abbildungen erklärt.

7.3.1 Haustechnikraum

Zuerst wird der Haustechnikraum (siehe Abbildung 58) betrachtet. Er besitzt die Anschlüsse für Strom, Gas und Wasser, welche die gesamte Wohnung versorgen. Weiters wird dort der geplante Wärmetauscher installiert. Es sollen auch die Systemkomponenten des EIB/KNX-Bussystems sowie das GPRS-Modul dort untergebracht werden (nach letztem Wissensstand).

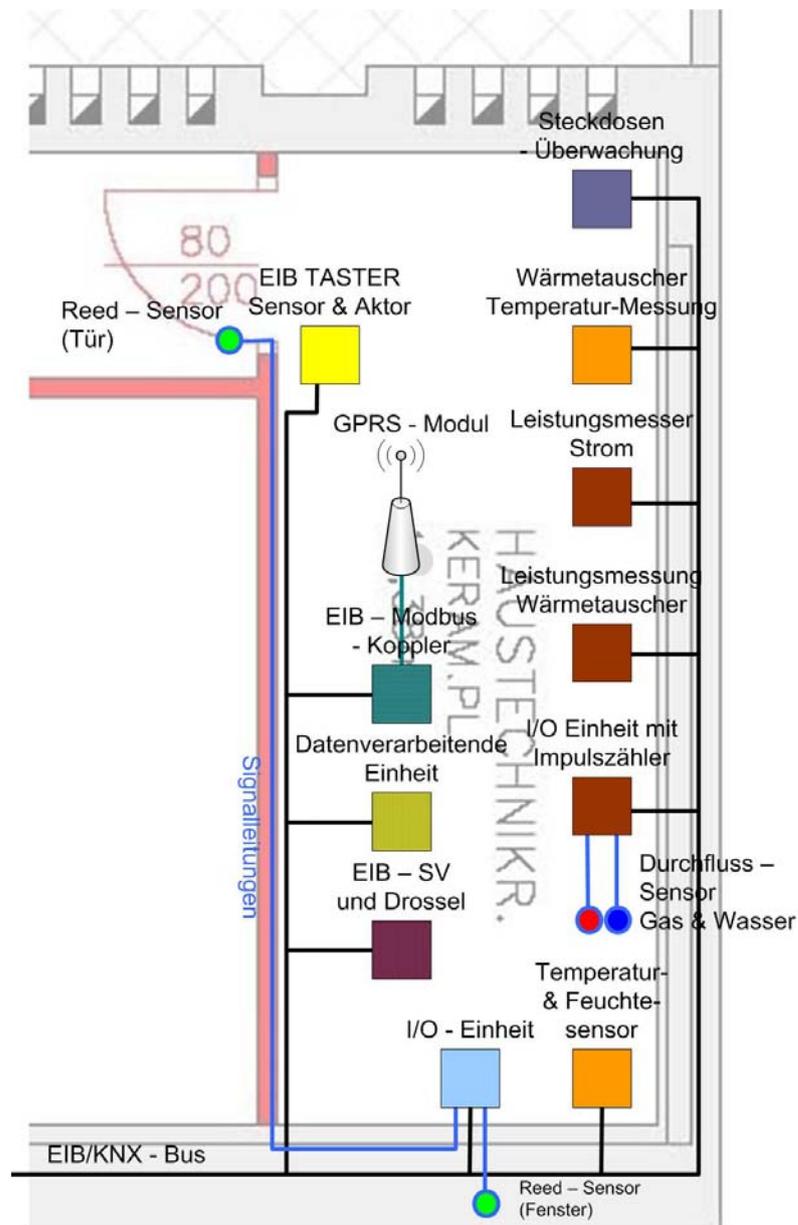


Abbildung 58: EIB-Installation im Haustechnikraum

Die verwendeten Module des EIB-Bus und deren Aufgaben werden im Folgenden kurz vorgestellt.

EIB-SV und Drossel: Dieses Modul versorgt den Bus mit seiner nötigen Betriebsspannung und hat zusätzlich die nötige Bus-Drossel integriert.

Datenverarbeitende Einheit: Diese Einheit lauscht am Bus und protokolliert den gesamten Datenverkehr mit. Es sammelt alle Messdaten und bereitet diese für den EIB-ModBus-Koppler auf. Ein solches Modul wird in Kapitel 7.4 beschrieben.

EIB-ModBus-Koppler: Dieses Modul empfängt die Daten der datenverarbeitenden Einheit und konvertiert diese, um über den ModBus an das GPRS-Modul übertragen zu werden.

EIB TASTER-Sensor & Aktor (Unterputzausführung): Dieses EIB-Modul besteht aus einem Buskoppler, einem Taster als Anwendungsmodul und einem integriertem Aktor-Modul. Bei Tastendruck schaltet dieses Modul die Lampe im Raum über den integrierten Aktor ein, sendet aber trotzdem die Steuerdaten über den Bus.

Temperatur & Feuchtesensor (Unterputzausführung): Dieses Modul kombiniert eine Temperaturmessung und Feuchtemessung und liefert die Messwerte an den Bus.

Leistungsmesser: Die Leistungsmesser-Module messen die Leistung in Watt. In diesem Fall wird der Wärmetauscher damit überwacht. Ein zweiter Leistungsmesser misst den gesamte Leistung der Wohnung.

Wärmetauscher Temperaturmessung: Dieses Modul soll die Temperatur der Zu- und Abluft im Wärmetauscher messen. Da die genaue Ausführung des zukünftigen Wärmetauschers leider nicht bekannt war, wird hier vorerst ein analoges I/O-Modul mit separat ausgeführten Temperatursensoren geplant.

I/O-Einheit: Diese Einheit besitzt digitale und analoge Eingänge zur Messung von Strom und Spannung. Daran können auch Sensoren wie Reed-Kontakte oder Temperaturfühler angeschlossen werden. Im Fall des Heizraums werden die Türkontakte und das Fenster mit digitalen Eingängen überwacht.

I/O-Impulszähler: Der Impulszähler misst die Umdrehungen der Durchflusssensoren (als Rechteckimpulse) für Gas und Wasser. Die Impulszahl pro Sekunde ist dabei proportional zu der Durchflussmenge. Die Messwerte werden an den Bus weitergegeben.

Steckdosen-Überwachung: Die Steckdosenüberwachung detektiert lediglich, ob ein Verbraucher an der Steckdose aktiv ist. Den aktuellen Zustand gibt er an den Bus weiter.

7.3.2 Kinderzimmer

Als zweites Beispiel wird eines der Kinderzimmer herangezogen. Alle Komponenten, bis auf den Helligkeitssensor wurden bereits beim Heizraum vorgestellt.

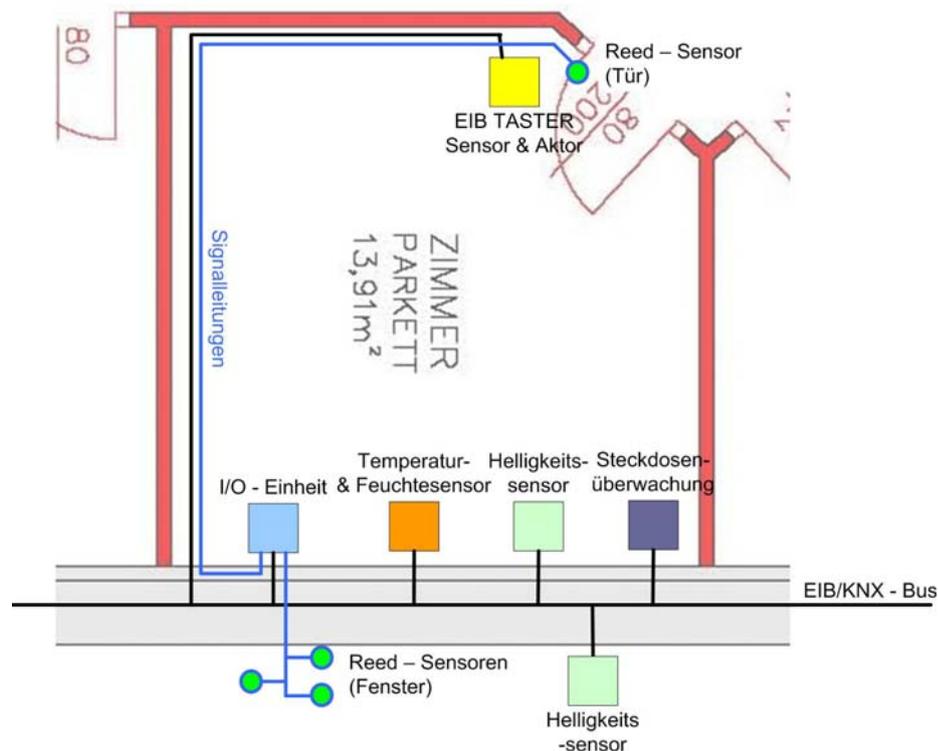


Abbildung 59: EIB – Installation im Kinderzimmer

Helligkeitssensor: Das Helligkeitssensor-Modul misst die Lichtstärke im Raum. Ein weiteres Modul befindet sich auf der Außenseite des Gebäudes und misst dort die Stärke des Tageslichts an der Häuserfront. Die gemessenen Werte werden anschließend wieder an den Bus übertragen.

In dieser Art der Vernetzung und Planung wurde das Konzept auf die gesamte Wohnung angewandt (siehe Kapitel 7.2.4.2).

7.4 Datenverarbeitende Einheit

Um ein datenverarbeitendes Modul in einem EIB/KNX-Bus zu realisieren, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die unabhängig voneinander, dieselbe

Funktionalität erfüllen müssen. Ein datenverarbeitendes Modul muss folgende Aufgaben erfüllen können:

- Protokollieren aller Nachrichten auf dem Bus
- Kurzzeitspeicherung und Bearbeitung der empfangenen Daten
- Aufbereiten und Senden eines Datenstroms zum EIB/KNX-Modbus-Koppler; beziehungsweise direkt an das GPRS-Modul über einen Modbus-Anschluss.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten einer realen Umsetzung. Drei dieser Möglichkeiten werden nun vorgestellt:

EIB/KNX-BusController: Der BusController verfügt über einen Monitor und über eine Schnittstelle. Es gibt viele Hersteller, die ein solches Modul mit einer Ethernet-Schnittstelle und einer Internetfunktionalität kombinieren. Für den Modbus [63] wäre ein Bus-Controller mit RS232-Schnittstelle ideal.

WAGO-EIB/KNX-Buskoppler/Buscontroller: Dieses Modul ist eine minimale Ausführung des WAGO 750er I/O Systems aus Kapitel 7.2.4.1 und besteht nur aus zwei Komponenten. Einem EIB/KNX-Buskoppler oder -Buscontroller, und einem Modbus-Kommunikationsmodul. Diese Module verfügen jeweils über einen programmierbaren Microcontroller mit Speicher. Über das Modbus-Kommunikationsmodul könnten die gewonnenen Messwerte an das GPRS-Modul direkt gesandt werden.

EIB/KNX-Programmierbarer Knotenpunkt „Exkalibur“: An der TU-Wien wurde ein EIB/KNX-Modul entwickelt, das über einen Microcontroller, einen Speicher und zwei RS232-Schnittstellen verfügt. Das frei programmierbare Modul könnte somit für die benötigte Aufgabe programmiert werden. Jedoch ist dies eine sehr aufwendige Art der Umsetzung.

7.5 GPRS-Modul

Das GPRS-Modul, für das sich in Kapitel 7.2.5 entschlossen wurde, wird im Folgenden detaillierter beschrieben.

Das GPRS-Modul der Firma WAGO wird unter dem Namen TO-PASS ® geführt. Von diesem Modul gibt es verschiedene Ausführungen, welche sich in Anzahl der I/O-Einheiten und der Web-Funktionalität

unterscheiden. Für das Konzept wird das Modell „TP_PASS M 8AI WEB Modbus“ mit kompletten Funktionsumfang beschrieben.



Abbildung 60: WAGO TO-PASS 761 Modul [67]

7.5.1 Beschreibung TO-PASS M

Das Modul „TO-PASS M 8AI WEB Modbus“ benötigt zur Versorgung (8...36)V DC. Es besitzt 8 digitale und 8 analoge Eingänge. Die digitalen Eingänge liefern logisch „0“ und logisch „1“ je nach Eingangssignal als Zustand zurück. Die analogen Eingänge verarbeiten einem auswählbaren Eingangsstrom von (0...20)mA oder (4...20)mA, in einen 12 Bit-Wert, als frei parametrierbare Dezimalzahl zurück. Man kann somit einen eingelesenen Stromwert direkt einer physikalischen Größe zuordnen. Zum Beispiel 4mA entsprechen -20 °C und 20 mA 100°C. Das Modul verfügt weiter über 4 analoge und 4 digitale Ausgänge. Die analogen Ausgänge können Stromwerte zwischen (0...20)mA oder (4...20)mA liefern. Die digitalen Ausgänge liefern bei logisch „0“ 0V und bei logisch „1“ die Spannung, die am separaten Eingang VD (Anschluss 37) anliegt.

Das GSM-Modem ermöglicht das Senden der Messwerte entweder per SMS als Text (an max. vier Telefonnummern) oder per GPRS an eine Email-Adresse, auch als Text, oder direkt an eine Internetadresse (Server). Bei der Sendung an eine Internetadresse wird die Nachricht dabei als „post-message“ gesendet. Wie eine solche Konfiguration aussehen kann, wird in Kapitel 8.3 beschrieben.

Die RS232-Schnittstelle ermöglicht die Programmierung und Wartung des TO-PASS-Moduls mit dem Programm „WAGO TO-PASS telecontrol

modules V2.0“ [58] der Firma WAGO. Weiters kann das Modul mit dieser Schnittstelle an einem ModBus angeschlossen werden.

Die Daten, die über das GSM-Modem übertragen werden, haben dabei folgendes Datenformat:

Index	Variable	Inhalt	Format
0	ID	Identität	Identität[8];Seriennummer[5]
1	PA	Parameter	Zykluszeit[[4];Provider[5];AlarmCounter[2]
2	TI	Datum, Zeit	JJ/MM/DD, hh:mm:ss
3	D1	Digitaleingang 1	Wert;Alarm
4	D2	Digitaleingang 2	Wert;Alarm
5	D3	Digitaleingang 3	Wert;Alarm
6	D4	Digitaleingang 4	Wert;Alarm
7	D5	Digitaleingang 5	Wert;Alarm
8	D6	Digitaleingang 6	Wert;Alarm
9	D7	Digitaleingang 7	Wert;Alarm
10	D8	Digitaleingang 8	Wert;Alarm
11	A1	Analogeingang 1	Wert[6];Einheit[5];Alarm
12	A2	Analogeingang 2	Wert[6];Einheit[5];Alarm
13	A3	Analogeingang 3	Wert[6];Einheit[5];Alarm
14	A4	Analogeingang 4	Wert[6];Einheit[5];Alarm
15	A5	Analogeingang 5	Wert[6];Einheit[5];Alarm
16	A6	Analogeingang 6	Wert[6];Einheit[5];Alarm
17	A7	Analogeingang 7	Wert[6];Einheit[5];Alarm
18	A8	Analogeingang 8	Wert[6];Einheit[5];Alarm
19*	US	Unstrukturierter String	Data[40]
20**	MA	Modbus-Alarm	Wert[2];Status[2];Alarm
21**	MV	Modbus-Variablen	64 x Wert[4];
<p>* Diese Variable wird nur versendet, wenn ein Webrefresh über die serielle Schnittstelle erfolgt.</p> <p>** Diese Variablen werden nur versendet, wenn der Modbus aktiv ist.</p>			

Tabelle 16: TO-PASS Datenformat GPRS

Dabei sei darauf hingewiesen, dass unabhängig vom Typ des TO-PASS Moduls immer alle Variablen übertragen werden. Ein TO-PASS-Modell bei dem nur 2 analoge Eingänge aktiviert sind, überträgt somit trotzdem alle 8 Variablen der analogen Eingänge.

7.5.2 Berechnung Datenvolumen

Das TO-PASS Modul besitzt eine beschränkte Kapazität an zu übertragender Datenmenge. In der nachfolgenden Tabelle werden alle Sensoren mit deren notwendigen Datenvolumen addiert und überprüft, ob das TO-PASS Datenformat ausreicht.

Sensorart	Bit	Stk	Gesamt [Bit/ Übertragung]
Temperatursensoren	16	17	272
Helligkeitssensoren	16	4	64
Luftfeuchtigkeitssensor	16	3	48
Türkontakte	1	16	16
Fensterkontakte	1	25	25
Lampen - Detektor	1	15	15
Stromfluss - Detektor	1	14	14
Leistungsmesser	16	5	80
Gasmengensensor	16	1	16
Wassermengensensor	16	1	16
Wärmetausch - Sensor	16	2	32
Personenzähler	16	1	16
GESAMT			598

Tabelle 17: Datenvolumen des Konzepts

Für eine komplette Übertragung aller Messwerte müssen somit 598 Bit oder circa 75 Byte gesendet werden. Das TO-PASS besitzt mit den Variablen US (40 Byte) und MV (64x4 Byte) insgesamt 296 Byte und somit mehr als genug.

7.6 Konzipierte Datenbank

Als Datenbank wird eine MySQL-Datenbank verwendet. Diese wurde als Datenbank „wohnung“ geplant und besitzt dabei für jeden Raum eine einzige Tabelle. Der Primärschlüssel ist die ID des Raumes. Als „zwingend nötigen“ Eingabewert benötigen alle Eingaben in die Tabelle (als Sekundärschlüssel) die Zeit. Der Aufbau der konzipierten Tabelle für das Konzept ist in nachfolgender Grafik ersichtlich:

Tabellen in der Datenbank

Büro	
PK	id
time	Licht Temperatur Tür Fenster_1 Fenster_2

WC 2	
PK	id
time	Licht Temperatur Tür

Wohnküche	
PK	id
time	Licht_1 Licht_2 Fenster_1 Fenster_2 Fenster_3 Fenster_4 Fenster_5 Fenster_6 Fenster_7 Fenster_8 Fenster_9 Fenster_10 Fenster_11 Fenster_12 Tür_Terrasse Helligkeitssensor (innen) Helligkeitssensor (außen) Temperatur (innen) Temperatur (außen) Leistung (Geschirrspüler) Leistung (Herd) Temperatur (Ofen) Feuchtigkeitssensor Steckdose 1 Steckdose 2

Gang	
PK	id
time	Licht_Eingang Licht_Gang Temperatur_Eingang Temperatur 2 Tür Eingang Fenster_1 Fenster_2 Fenster_bei_HTR Personenzähler (Waage) Personenzähler IR-Schranke Steckdose 1 Steckdose 2

Badezimmer	
PK	id
time	Licht Temperatur Feuchtigkeitssensor Tür Fenster_1 Fenster_2

W/C 1	
PK	id
time	Licht Temperatur Tür

Abstellraum_Raum	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster Tür_1 Tür_2 Steckdose Leistungsmesser (Trockner) Leistungsmesser (Waschmaschine)

Gästezimmer	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster Eingangs-Tür Tür_2 Steckdose

Begehbarer Schrank	
PK	id
time	Licht Temperatur Tür Steckdose

Schlafzimmer	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster_1 Fenster_2 Tür Steckdose

Kinderzimmer_1	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster_1 Fenster_2 Fenster_3 Tür Steckdose

Kinderzimmer_2	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster_1 Fenster_2 Fenster_3 Tür Steckdose Helligkeit (innen) Helligkeit (außen)

Kinderzimmer_3	
PK	id
time	Licht Temperatur Fenster_1 Fenster_2 Fenster_3 Tür Steckdose

Haustechnikraum	
PK	id
time	Licht Temperatur Feuchtigkeitssensor Fenster Stromzähler Wärmetauscher Tür Gaszähler Wasserzähler Steckdose

Abbildung 61: Tabellen in der Datenbank

7.7 Webpage

Für das Web-Interface wurden Internetseiten konzipiert, welche die in der Datenbank gespeicherten Informationen aus der Wohnung übersichtlich als dynamische PHP-Seiten darstellen. Weiters gibt es statische HTML - Seiten, die allgemeine Informationen über die Diplomarbeit und das Referenzprojekt geben. Wie der Prototyp dieser Seite aussieht, ist in Abbildung 62 ersichtlich.

Diplomarbeit von Michael Paier

Konzept zur sensorischen Überwachung einer Wohnung im Passivbau - Stils

Allgemeine Informationen

- » Die Diplomarbeit
- » Konzept
- » Aktuelle Messwerte - Wohnung
- » Aktuelle Übersicht
- Demonstration.**
- » Übersicht
- » Langzeitbeobachtungen

Startseite \ Übersicht

Übersichtsseite der Wohnung

Aktuelle Messwerte << Dummy-Werte >>:

Wohnzimmer		Büro	
Temperatur_1	24	Temperatur	22
Temperatur_2	25	Licht	off
Licht_1	on	Tür	closed
Licht_2	off	Fenster_1	closed
Fenster_1	open	Fenster_2	closed
Fenster_2	open		
Fenster_3	open		
Nebenzimmer_1			
Fenster_4	open	Temperatur	11
Fenster_5	open	Licht	off
Fenster_6	open	Tür	closed
Fenster_7	open	Fenster_1	closed
Fenster_8	open	Fenster_2	closed
Tür_Terrasse	closed		
Badezimmer			
Temperatur	16	Temperatur	22
Licht	off	Licht	off
Tür	closed	Tür	closed
Fenster_1	closed	Fenster_1	closed
Fenster_2	closed	Fenster_2	closed
		Fenster_3	closed
WC			
Temperatur	20	Temperatur	12
Licht	an	Licht	off

Abbildung 62: Homepage der Wohnungsüberwachung (Prototyp)

Die dynamischen Seiten sollen dabei den aktuellen Status der Messwerte liefern, sowie eine Kurve über vergangene Werte zeichnen können. Die Seite „Übersicht“ für die sensorische Überwachung der Wohnung baut dabei dynamisch Werte aus der Datenbank auf. In der Datenbank befinden sich nur Testwerte. Eine Umsetzung mit echten Messwerten wird in Kapitel 8.7 und 8.8 vorgestellt.

7.8 Aktueller Status

Das Sensor-Konzept wurde für eine komplette Überwachung durchgeführt und abgeschlossen. Eine Datenbank und eine Webpage als Prototyp wurde für das Referenzprojekt erstellt.

Die Wohnung (Referenzprojekt: Rosinagasse) selbst befindet sich noch in der Umbau- und Renovierungsphase, um den Passivhaus-Standard zu erreichen (Stand: Oktober 2008). Das Konzept konnte somit noch nicht unter realen Bedingungen implementiert werden. Um trotzdem nachzuweisen, dass das Konzept funktioniert, wurde im kleinen Rahmen zu Demonstrationszwecken die wichtigsten Komponenten des Konzepts nachgewiesen. Die Ergebnisse dazu werden im folgenden Kapitel 8 präsentiert.

8. Realisierte Lösungen zu Demonstrationszwecken

Um die Funktionen des erstellten Konzeptes nachzuweisen, wurden wichtige Teile des Konzepts ausgewählt und im kleinen Rahmen zu Demonstrationszwecken für eine Raumüberwachung simuliert.

Zum Einsatz kommt hier das „TO-PASS®-S 2 AI Web“-Modell der Firma WAGO mit seinen wenigen I/O-Einheiten. Es dient als zentrales Element für Sensoren und als GPRS-Modul.

Der Schwerpunkt bei der Demonstration liegt auf dem Nachweis, dass der Datenfluss vom Sensor bis zum Web-Interface funktioniert. Dabei ist zuerst wichtig, dass die Sensoren die richtigen Messwerte liefern. Es werden dabei die Sensoren verwendet, die bereits im Konzept für die Überwachung der Passivhaus-Wohnung geplant wurden (siehe Kapitel 4). Die Sensoren sollen dabei getestet und auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Auswertung der Daten auf der Serverseite mittels PHP-Skripte. Diese sollen übersichtlich als aktuelle Werte und über die Zeit als Kurve dargestellt werden.

Zur sensorischen Überwachung wurden folgende Dinge realisiert:

- Temperaturmessung
- Feuchtigkeitsmessung
- Überwachung von Fenstern oder Türen
- Zutrittskontrolle mittels Lichtschranke
- Detektierung eines Einschaltvorganges (für Steckdose oder Lichtschalter)
- Lichtstärkemessung

Darstellung übertragener Messwerte auf einer Web-Page

- Aktuelle (letzte übertragene) Messwerte der Sensoren
- Darstellung der letzten zwanzig übertragenen Messwerte als Kurve

8.1 Aufbau im Labor

Zum Einsatz im Labor kommt folgende Hardware:

- Sensoren

- eine Steckplatine (für Messschaltungen und Sensoren)
- GPRS-Modul
- Internet-Server (des Instituts für Automation der TU-Wien)
- Netzteil mit 12 V DC; Einstellbares Netzteil (0...24)V DC.

Folgende Software wurde eingesetzt:

- Apache http-Server
- MySQL-Datenbank
- HTML-Studio
- Verwendete Programmiersprachen: php, sql, html, javascript

Der entwickelte Source-Code der wichtigsten Seiten („Übersicht“, „Langzeitbeobachtungen“) kann dem Anhang entnommen werden.

8.2 Mini - Datenbank

Zur Demonstration wurde eine kleinere Datenbank realisiert wie auch für das Konzept der ganzen Wohnung. Die übertragenen Daten werden hier einfach in eine DB-Struktur gespeichert, die dem Datenformat des TO-PASS-Moduls entspricht (siehe Abbildung 63). Eine entsprechende Nachverarbeitung der Daten und die Zuordnung Datensatz zu Sensor erfolgt hier erst in den jeweiligen php-Scripts, die aufgerufen werden.

Tabelle in der Datenbank „paier“

gprs	
PK	ID
	PA
	TI
	D1
	D2
	D3
	D4
	D5
	D6
	D7
	D8
	A1
	A2
	A3
	A4
	A5
	A6
	A7
	A8
	US
	MA
	MV

8.3 Parametrisierung des TO-PASS®

Bevor das GPRS-Modul verwendet und in Betrieb genommen werden kann, muss es über die Programmiersoftware parametrisiert und mit einer Sim-Karte eines Funktelefonanbieters ausgestattet werden.

Zuerst wurden allgemeine Parameter für das TO-PASS-Modul vergeben. Als Name des Moduls wurde „insttemp“ festgelegt. Die Telefonnummer der Sim-Karte und Sim-Code wurden ebenfalls vergeben.

Für den Betrieb als GPRS-Modul wurden folgende Werte eingetragen:

<u>Internet :</u>	
Host Adresse :	<input type="text" value="maxdata.auto.tuwien.ac.at"/>
Host Port :	<input type="text" value="80"/>
Script (Werte) :	<input type="text" value="paier/server.php"/>
Script (Logger) :	<input type="text"/>
Ziel Server :	<input type="text" value="gprsinternet"/>
Benutzername :	<input type="text" value="GPRS"/>
Password :	<input type="text"/>

Abbildung 64: Zugangsdaten für GPRS-Betrieb

Die Host-Adresse ist die Internetadresse des Institutsservers, wo die Messwerte mittels „post-message“ gesandt werden. Port 80 ist der http-Port des Institutsservers.

In der Zeile Script wird die spezifische Server-Datei angesprochen. Die Datei server.php empfängt die Daten des TO-PASS-Moduls und schreibt sie in die Datenbank.

Der Zielserver ist der GPRS-Knoten des Telefonbetreibers (hier T-Mobile). Über diesen Knotenpunkt werden die Messdaten in das Internet eingeschleust. Bedingung zur Übertragung ist der Benutzername GPRS. Ein Passwort ist nicht erforderlich.

Für den korrekten Betrieb jeder Eingang des TO-PASS parametrisiert. Weiter wurde für jeden Eingang festgelegt, er soll seine Daten an das Internet schicken. Die spezifische Parametrisierung über Messbereich

und Eingangsgrößen der einzelnen Eingänge wird im Kapitel 8.4 bei den einzelnen Messschaltungen erläutert.

8.4 Messschaltungen

Im Folgenden werden die einzelnen Messschaltungen mit den Sensoren beschrieben. Die Darstellung der Messergebnisse als Kurve erfolgt anschließend im Kapitel 8.8 für alle hier beschriebenen Sensoren.

8.4.1 Reed - Kontakte

Die Reed-Kontakte [77] wurden an die Stromversorgung (V_{CC}) des Moduls und an die digitalen Eingänge des GPRS-Moduls angeschlossen. Es kamen hier zwei verschiedene Reed-Kontakte zum Einsatz. Ein Öffner-Kontakt und ein Schließer-Kontakt.

8.4.2 Lichtschranke

Zum Einsatz kommt hier ein fertiges Lichtschrankenmodul der Firma Conrad [71]. Es schaltet bei Durchbrechen des Lichtstrahls ein Relais. Dieses Relais wird, wie bei den Reed-Kontakten, mit V_{CC} und einem digitalen Eingang verbunden. Eine technische Beschreibung der Lichtschranke ist in Quelle [71] nachzulesen.

8.4.3 Stromfluss - Detektor

Mittels Optokoppler:

Zur Detektierung des Stromfluss mittels dem Optokoppler HCPL 3700 war es nötig, die Spannung 230V des Österreichischen Stromnetzes mittels eines Spannungsteilers auf die Eingangsspannung des Bauteils zu bringen. Die Gleichrichtung des Signals erledigt der Bauteil durch seine interne Zusatzschaltung mit vier Dioden. Weiters verfügt der HCPL3700 über einen Logikbaustein mit positiver Logik (High \rightarrow Low, Low \rightarrow High) mit einer Stromquelle, und am Ausgang eine Darlingtonschaltung (siehe Abbildung 65). Eine detaillierte Beschreibung kann dem Datenblatt [68] entnommen werden.

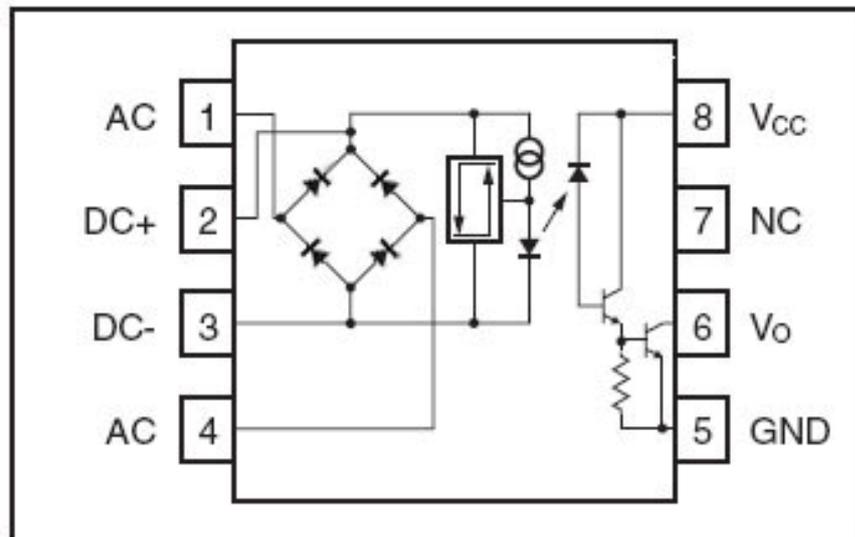


Abbildung 65: Innenschaltbild des Optokopplers HCPL 3700 [68]

Mittels Relais :

Eine simple Relais-Überwachung wird mit einem AC-DC Relais [73] realisiert. Das Relais schaltet beim Anliegen von 230V einen Schalter, der den Stromfluss anzeigt.

8.4.4 Temperatursensor

Bei den verwendeten Temperatursensoren wurden zwei Typen getestet.

PT1000: Der PT1000 [74] ist ein temperaturveränderlicher Widerstand mit genormter und linearer Kennlinie. Er besitzt bei 0°C genau 1K Ω , bei (-20°C...803) k Ω und bei (+150°C...1573) Ω .

Dies ergibt bei einer 12V Versorgung einen Strombereich von (7,63...14,94)mA. Dieser Strom kann nun am Analogeingang des TO-PASS gemessen und einer Temperatur proportional gesetzt werden. Setzt man diese Werte fort, so ergibt sich eine Parametrisierung von circa 4mA...+300°C und 20mA ... -100°C.

LM35: Der Baustein LM35 [75] ist im Prinzip ein temperaturempfindlicher Widerstand mit drei Anschlüssen und integrierter Logik. Er kann Temperaturen von (-40...+110)°C messen. Dafür benötigt dieser eine Spannungsversorgung von (4...30)V und anstatt eines Widerstandswert liefert er eine Ausgangsspannung (0...3)V zurück, die proportional zur Temperatur ist. Dieser Sensor kann nur über den Umweg eines U/I-Wandlers an den analogen Eingang des TO-PASS Moduls angeschlossen werden.

8.4.5 Feuchtigkeitssensor

Der Baustein des Feuchtigkeitssensors mit dem Namen „**HU1015NA — GE SENSING / THERMOMETRICS**“ [76] basiert auf dem Prinzip eines feuchtigkeitsabhängigen Widerstands. Der getestete Typ besitzt dabei drei Anschlüsse und eine integrierte Auswertelogik. Anstatt eines Widerstandswertes wird ein Spannungswert zwischen (1,5...3,1)V, proportional zur Luftfeuchtigkeit (0...100)%RH ausgegeben. Dieser Sensor wird über den Umweg des U/I-Wandlers an einen analogen Eingang des TO-PASS angeschlossen.

8.4.6 Helligkeitssensor

Hier wird der Helligkeitssensor FW300 [78] verwendet. Er ist vom Typ lichtempfindlicher Widerstand und besitzt bei 10 Lux (relativ dunkel) einen Widerstandswert von 8 k Ω . Bei 12 V bedeutet dies einen Stromfluss von 1,5mA. Bei circa 500 Lux besitzt der Widerstand nur noch 600 Ω , was einem Strom von 20mA entspricht. In diesem Bereich wird der Helligkeitssensor direkt an einen analogen Ausgang des TO-PASS angeschlossen. Anmerkung: Eine normale Bürobeleuchtung hat circa (100...500) Lux [69].

8.4.7 Sonderschaltung: Spannungs-Strom-Wandler

Aufgrund der Beschränkungen der I/O-Einheiten nur Ströme messen zu können, wurde eine Sonderschaltung entwickelt, die Spannungen in Ströme zwischen (0...20)mA beziehungsweise (4...20)mA umwandeln kann. Kernstück dieser Schaltung bildet der U/I-Wandlerbaustein AM422 der Firma Analog Microelectronics [70].

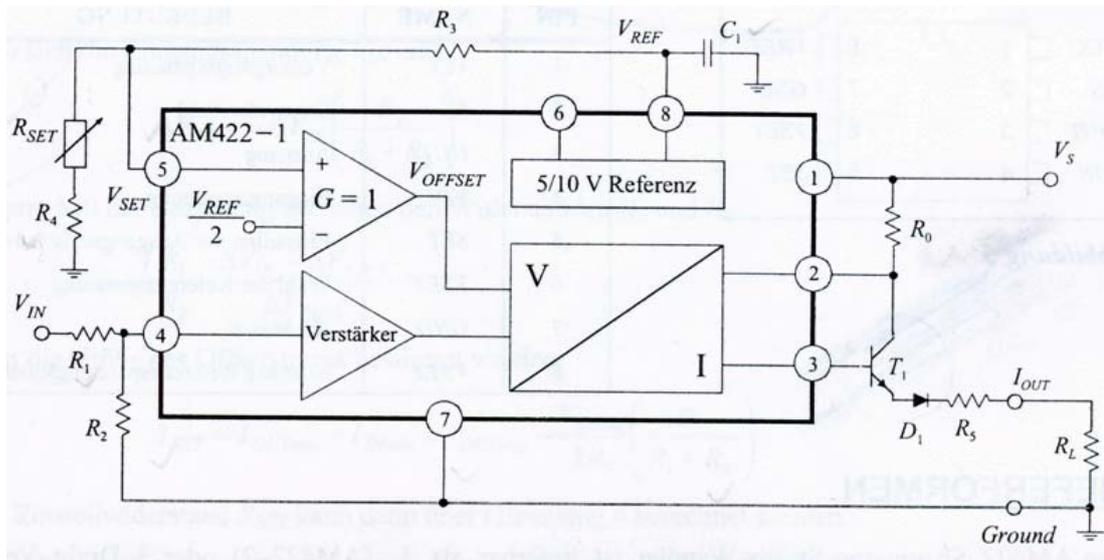


Abbildung 66: Beschaltung des AM 422 [70]

Die einzelnen Bauteile wurde laut Datenblatt [70] so dimensioniert, dass sich bei einer Eingangsspannung V_{IN} zwischen (0...3)V ein Ausgangsstrom I_{OUT} von (0...20)mA (bei einer Last von 500 Ω) einstellt.

Laut Berechnung ergeben sich folgende Werte für die einzelnen Bauteile:

$$R_0 = 25 \Omega \quad R_3=R_4 = 33 \text{ k}\Omega \quad R_{SET} = 0 \Omega \quad R_5= 40 \text{ k}\Omega$$

$$R_1/R_2 = 3,75 \quad \rightarrow R_1= 75 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_L = (0...500)\Omega \quad C_1 = 2,2 \mu\text{F}$$

Für T1 wurde der NPN-Transistor BC548 gewählt

8.5 PHP-Script & Webpage

Zu Demonstrationszwecken wurde dem Prototyp der Homepage für die gesamte sensorische Überwachung der Punkt „Demonstration“ mit zwei PHP-Seiten hinzugefügt.

Eine Übersichtsseite stellt die letzten übertragenen Messwerte, die sich in der Datenbank befinden, in einer Tabelle dar. Die zweite Seite zeichnet eine Kurve aus den letzten 20 Einträgen der Datenbank und stellt die Langzeitbeobachtung dar. Zum Zeichnen der Kurve wurde dabei die Open-Source-Script „phplot“ [79] verwendet.

8.6 Messergebnisse TO-PASS Modul

Das TO_PASS-Modul ermöglicht, vor dem Senden über das GSM-Netz, die gemessenen Werte per Software auf dem Computer darzustellen.

Exemplarisch für einen Zeitpunkt einer Messreihe, die im nächsten Kapitel dargestellt werden, wurden folgende Werte gelesen:

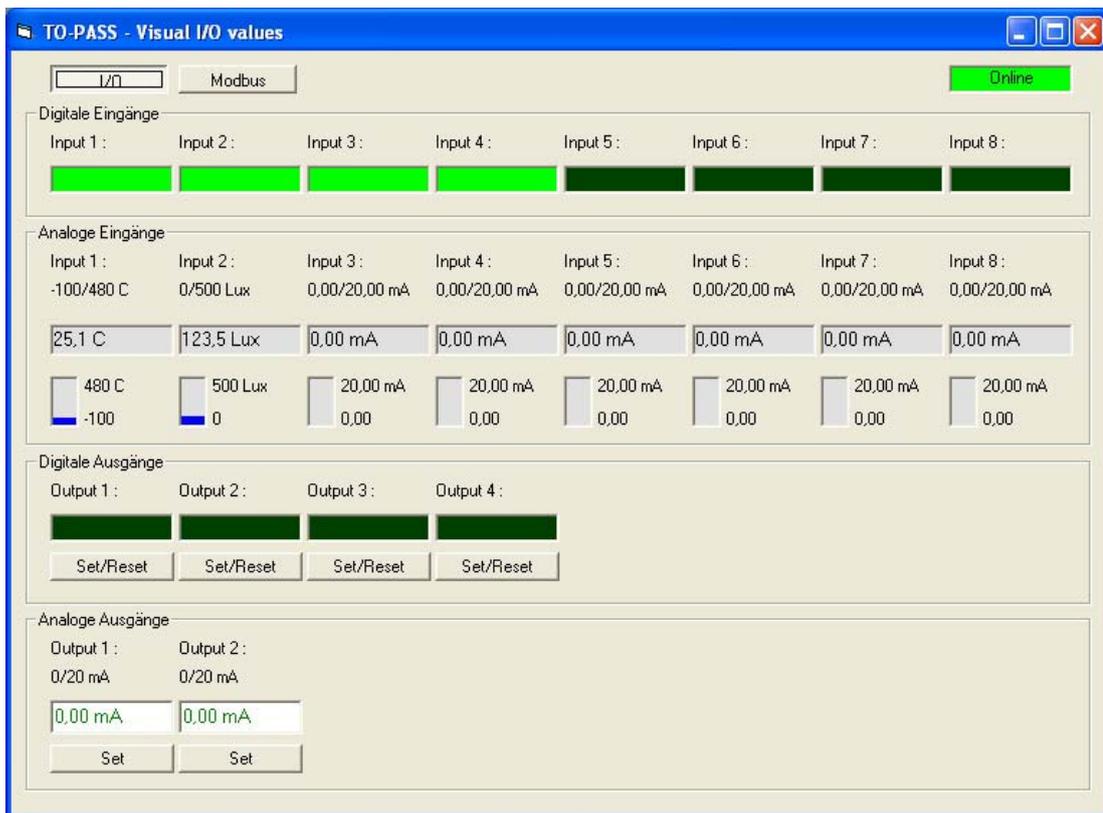


Abbildung 67: Darstellung I/O Zustände der TO-PASS Software

Die Eingänge waren dabei folgendermaßen an den Sensoren angeschlossen:

Digital Input 1 = Lichtschranke (unterbrochen)

Digital Input 2 = Strom-Detektor (AC DC Relais)

Digital Input 3 = Reed-Kontakt-Schließer (Kontakt mit Magnet)

Digital Input 4 = Reed-Kontakt-Öffner (kein Kontakt mit Magnet)

Analog Input 1 = PT1000 bei Raumtemperatur

Analog Input 2 = Lichtsensor bei Innenraumbeleuchtung

Die restlichen Eingänge und Ausgänge wurden nicht verwendet.

8.7 Aktuelle Übersicht

Die Webseite zu Demonstrationszwecken bietet eine Übersichtsseite, die die letzten übertragenen Werten als Tabelle darstellt.

Diplomarbeit von Michael Paier

Konzept zur sensorischen Überwachung einer Wohnung im Passivbau - Stils

Allgemeine Informationen **Startseite \ Übersicht**

- » Die Diplomarbeit
- » Konzept
- Aktuelle Messwerte - Wohnung**
- » Aktuelle Übersicht
- Demonstration**
- » Übersicht
- » Langzeitbeobachtungen

Demonstration des Konzepts

Auf der folgenden Seite erfolgt eine tabellarische Darstellung der letzten übertragenen, u analogen Eingänge des TO-PASS - Moduls. Der letzt Übertragene Wert beginnt bei "1" au

Für erneuten Abruf der Seite bitte [hier](#) drücken.

Simulation		
TO-PASS - ID	insttemp;51153	
PA	0001;home ;99	
Time	08/10/07,19:52:06	
Digital - Eingang - D1	1;0	
Digital - Eingang - D2	0;0	
Digital - Eingang - D3	0;0	
Digital - Eingang - D4	0;0	
Digital - Eingang - D5 - Deaktiviert	---	
Digital - Eingang - D6 - Deaktiviert	---	
Digital - Eingang - D7 - Deaktiviert	---	
Digital - Eingang - D8 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 1	-00004;C ;0	
Analog - Eingang 2	00109;Lux ;0	
Analog - Eingang 3 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 4 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 5 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 6 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 7 - Deaktiviert	---	
Analog - Eingang 8 - Deaktiviert	---	

Abbildung 68: Übersichtsseite der Webpage

Neben den Messwerten kann man hier auch die Bezeichnung des TO-PASS-Moduls „insttemp“ und der Zeitstempel abgelesen werden.

8.8 Messergebnisse

Die folgenden Kurven bestehen aus 20 Messwerten pro Kurve und wurden von der Web-Seite „Langzeitüberwachung“ generiert. Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Messpunkten beträgt dabei eine Minute und der Wert „1“ auf der X-Achse repräsentiert den letzten Eintrag der Kurve.

Um die Kurven generell etwas interessanter zu gestalten, wurde das Messergebnis künstlich beeinflusst. Wie das geschah, wird bei den einzelnen Messkurven beschrieben.

Digitale Eingänge:

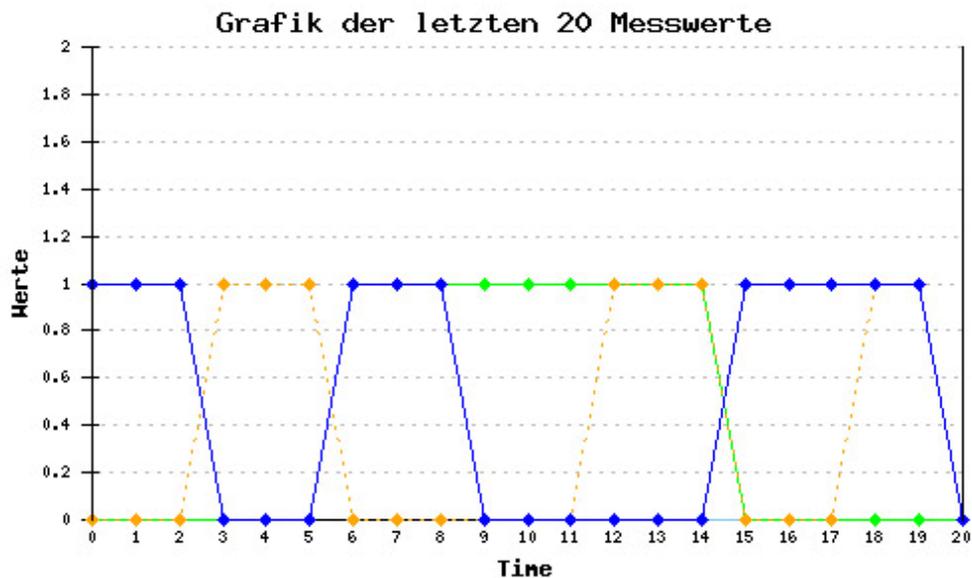


Abbildung 69: Darstellung I/O Zustände der TO-PASS Software

Die obige Abbildung zeigt die Schaltvorgänge an den digitalen Eingängen. Orange und blau repräsentieren dabei die Reed-Kontakte. Grün ist die IR-Schranke und blau der Stromflussdetektor. Alle Kontakte wurden mehrmals betätigt. Bei den Schaltvorgängen handelt es sich dabei um Vorgänge zu konkreten Zeitpunkten. Daher müssten in der Grafik steile Flanken abgebildet sein. Aufgrund der Abtastungsfrequenz von einer Minute (Sendeintervall von Messwerten) kann der Schaltvorgang nicht ganz exakt bestimmt werden (\pm eine Minute). Daher sind in der obigen Abbildung steigende und fallende Flanken eingezeichnet.

Analoge Eingänge – Temperatursensor (PT1000):

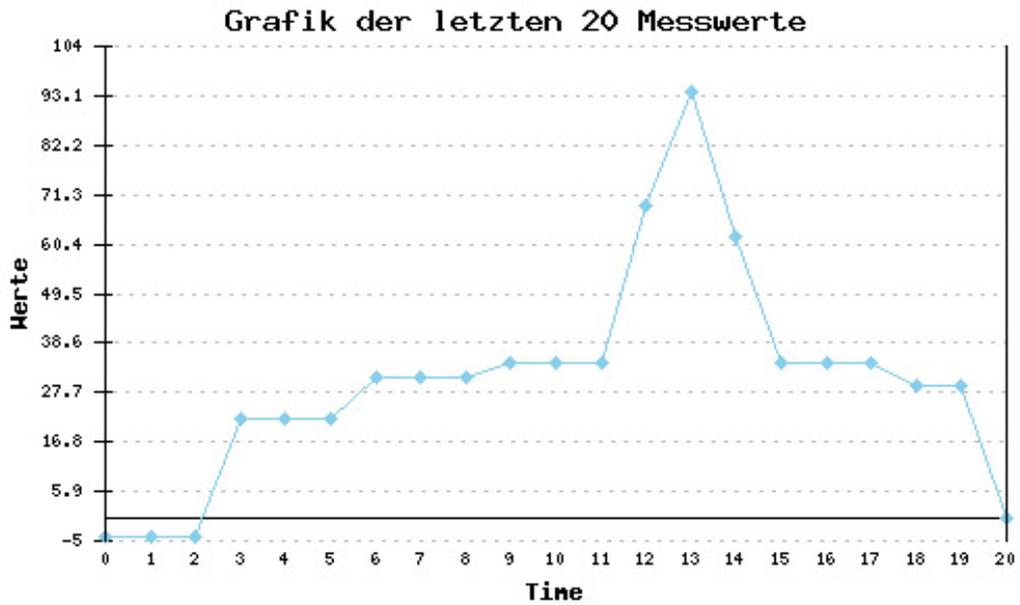


Abbildung 70: Darstellung Kurve - Digitale I/O Zustände

Die obige Grafik zeigt den Temperaturverlauf. Zu Beginn der Kurve herrschte Zimmertemperatur. Die Spitze in der Kurve stellt eine Kerze dar, die dem Sensor genähert wurde. Die Kurve kehrt danach zur Raumtemperatur zurück. Zuletzt wurde der Sensor auf einen Eiswürfel gelegt, wobei die Temperatur auf -4°C sank.

Analoge Eingänge – Helligkeitssensor (FW300):

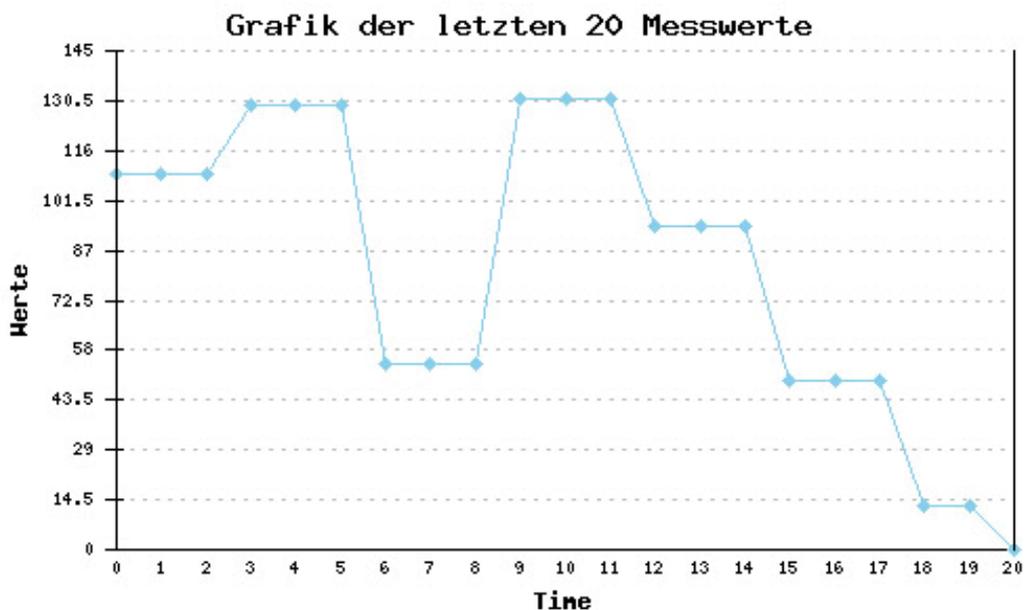


Abbildung 71: Darstellung Kurve - Helligkeitssensor

Die Messkurve beginnt bei völliger Dunkelheit (Tuch über dem Sensor). Danach wurde das Tuch entfernt und normales Raumlicht gemessen. Die Helligkeit wurde dann stufenweise mit einer extra Lichtquelle (Taschenlampe) stufenweise erhöht. Die Taschenlampe wurde wieder aus und dann wieder eingeschaltet.

Analoge Eingänge – Feuchtigkeitssensor:

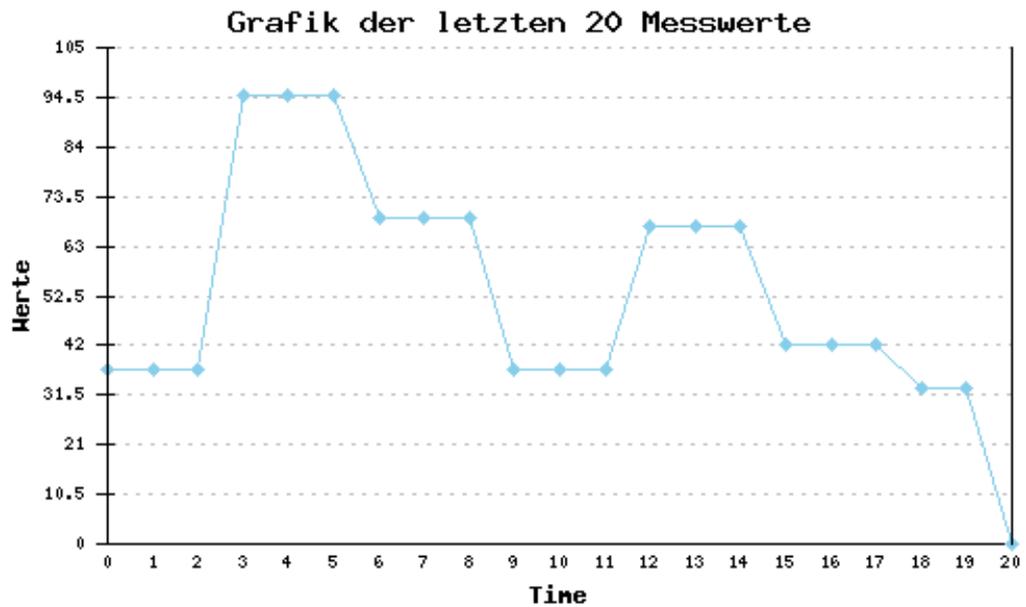


Abbildung 72: Darstellung Kurve - Feuchtigkeitssensor

Die Messkurve des Feuchtigkeitssensors beginnt bei der Raumluftheuchtigkeit von circa 35% RH. Mittels eines feuchten Tuchs wurde der Wert auf 73% erhöht. Das Tuch wurde wieder entfernt. Mit einer Sprühwasserflasche wurde danach der Wert auf circa 95% erhöht. Danach wurde der Sensor wieder getrocknet und erreichte wieder Raumluftheuchtigkeit.

9. Erkenntnisse der Arbeit

Im Rahmen der Erarbeitung des Themas und der Konzepterstellung wurden verschiedene Erkenntnisse erlangt, die hier nun zusammengefasst werden. Diese beantworten dabei im Wesentlichen die wissenschaftlichen Fragestellungen.

Zu Beginn der Arbeit wurde festgestellt, was der Passivhaus-Standard ist, und welche Bedingungen damit verbunden sind. Die wichtigsten Erkenntnisse dabei waren die Wichtigkeit einer guten Wärmeisolierung und die Art der Beheizung einer solchen Wohnung. Die Heizung erfolgt dabei über die Erwärmung der Innenluft über die passiven Wärmequellen in der Wohnung und einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit integriertem Wärmetauscher.

Im nächsten Schritt wurden für eine Überwachung nötige Wärmequellen und Wärmeverlustquellen in der Wohnung identifiziert. Die Wichtigsten Wärmequellen waren dabei Personen und verschiedene Elektrogeräte. Die wichtigsten Wärmeverlustquellen waren Fenster und mangelnde Dämmung.

Sodann wurden Sensoren vorgestellt, die sich für eine Überwachung der einzelnen Wärmequellen und Wärmeverlustquellen gut eignen würden. Weiters wurden verschiedene Möglichkeiten der Personenüberwachung und Personendetektierung in Wohnräumen ausgearbeitet.

Um die Sensoren in der Wohnung zu verteilen, wurden verschiedene Möglichkeiten von Netzwerken betrachtet. Ein wichtiges Ergebnis hier war der Unterschied von zentralen und dezentralen Lösungen und deren jeweiligen Vor- und Nachteile.

Die bis zu diesem Punkt gewonnenen Erkenntnisse konnten nun herangezogen werden, um mit der Planung des Konzepts einer sensorischen Überwachung für das Begleitprojekt zu beginnen. Der Ablauf des Konzepts war dabei folgender: Die bestehenden Bedingungen der Wohnung wurden analysiert und in Zuge dessen ein Volumenmodell erstellt. Im nächsten Schritt wurden Designentscheidungen getroffen, wie die konzipierte Überwachung gestaltet werden kann. Der Einsatz des Übertragungsmediums und der Grad der Überwachung (Sensordichte) wurden durchgeführt. Zur Ermittlung des zu verwendenden Sensor-Netzwerks mit einer datenverarbeitenden Einheit wurden zwei Systeme miteinander verglichen: Das zentrale und modulare System WAGO 750er I/O sowie das dezentrale System des EIB/KNX-Bussystems.

Wichtiges Ergebnis war hier, dass zentrale Systeme zwar meist billiger sind, jedoch zu langen Kabellängen und zu wenig Übersicht führen. Dezentrale Systeme hingegen sind besser strukturiert, reduzieren den Verkabelungsaufwand und die Längen der Sensor-Leitungen. Für das Konzept wurde der EIB/KNX-Bus mit seinen verteilten Bus-Modulen gewählt und auf die gesamte Wohnung angewandt.

Ein weiterer Punkt war die Aufbereitung der Messdaten als Webpage. Dazu wurden Übertragungsmedium, Datenbank, Server und Web-Interface festgelegt, dimensioniert und entworfen. Als Übertragungsmedium diente dabei das GPRS-Modul (TO-PASS). Wichtige Erkenntnis hier war das beschränkte Datenübertragungsvolumen des verwendeten GPRS-Moduls. Für das Konzept wurde das nötige Datenvolumen (Sensormesswerte) ebenfalls ermittelt und festgestellt, dass das GPRS-Modul für das Konzept genügt.

Um nachzuweisen, dass das geplante Konzept funktioniert, wurde zum Schluss eine Demonstration kleiner ausgewählter Teile des Konzepts erstellt. Dabei wurden Sensoren mit dem GPRS-Modul verbunden, welches Daten an eine entwickeltes Web-Interface sendete. Die Webpage stellt dabei die aktuellen Messwerte als Übersicht und als Kurve dar.

Aus den aufgezeichneten Messwerten der Demonstration kann man nur nachweisen, dass das Konzept funktioniert. Bei einer Realisierung des Konzepts auf die Wohnung können aus den Messwerten der ganzen Wohnung wesentlich mehr Informationen heraus gelesen werden. Erkenntnisse über das Verhalten der Bewohner und dem Energiehaushalt der Wohnung stehen dabei im Mittelpunkt. Weiters können Effizienz und Status der Passivhaus-Wohnung überwacht und bewertet werden. Somit erhält man auch Auskunft über die Energieeinsparungen und den wirtschaftlichen Nutzen der Wohnung.

10. Schlussbetrachtung

Der Passivhaus-Standard ist ein wichtiger Schritt zur CO₂-Reduzierung und zur Effizienzsteigerung in der Heiztechnik im Privatbereich. In diesem Bereich wird immer noch viel geforscht und entwickelt. Neuere Materialien, Techniken und Mechanismen werden eingesetzt, um die Eigenschaften solcher Lebensräume zu verbessern. Für ein noch genaueres Verständnis der internen Vorgänge ist eine Überwachung unumgänglich. Hierfür können die verschiedensten Sensoren, Bussysteme und Netzwerke eingesetzt werden. Das entworfene Konzept mit seinen Erkenntnissen bietet neben den grundlegenden recherchierten Informationen über den Passivhaus-Standard und des Wärmeverhaltens vor allem eine gute Übersicht über die Möglichkeiten und den Stand der Techniken, die zu einer Überwachung eingesetzt werden können. Das Konzept selbst wurde als realer Anwendungsfall für das oft erwähnte Begleitprojekt angewandt.

Weiters soll die vorliegende Arbeit als Grundstein für Studierende und zukünftige Diplomanden dienen, die sich ebenfalls mit diesem Thema beschäftigen und arbeiten wollen.

Quellenverzeichnis: Literaturstellen

- [Bei04] Beiter Robert [2004]: Installationsbus EIB/KNX Twisted Pair – Das Lehrbuch; Verlag Hüthig und Pflaum
- [Ber06] Bernstein Herbert [2006]: Gebäudesystemtechnik mit dem Europäischen Installationsbus (EIB/KNX); Verlag VDE
- [Har07] Harke Werner (2007): Smart (Home) Control – Mehrfachnutzung vorhandener Haustechniken im Bestand
- [Hes04] Hesse Stefan, Gerhard Schnell [2004]: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation – Funktion – Ausführung – Anwendung, 3. Auflage; Verlag Vieweg
- [Kas07a] Kastner (2007): Vorlesungsunterlagen an der TU Wien zur VU „Heim- und Gebäudeautomation, (geschrieben von Krammer, Lechner, Lucker); Artikel: Raumautomation
- [Kas07b] Kastner (2007): Vorlesungsunterlagen an der TU Wien zur VU „Heim- und Gebäudeautomation, (geschrieben von Bernd Schuster, Markus Jedenastik, Miodrag Pejic); Artikel: Interoperabilität in BACnet und LON
- [Kri92] Krieg Bernhard (1992): Automatisieren mit Optoelektronik; Verlag Vogel
- [Loh05] Lohmeyer Gottfried, Bergmann Heinz, Post Matthias (2005): Physikalische Bauphysik; 5te Auflage; Seite 52, Kapitel 2.1.2; Verlag Teubner
- [Mer07] Merz, Herrmann (2007): Gebäudeautomation – Kommunikatinssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet; Verlag Hanser
- [Ric06] Richter Edwin (2006): de- Ratgeber: Smart Home – so wird's gemacht; Verlag Hüthig & Pfaum
- [Rid06] Ridder Detlef (2006): AutoCAD 2007 – für Architekten und Ingenieure; Verlag mitp
- [Sch04] Schanz Günther W. (2004): Sensoren – Sensortechnik für Praktiker, 3. Auflage; Verlag Hüthig
- [Tsc03] Tschulena Guido, Lahrman Andreas, Hesse J., Gardner J.W., Göpel W.(2003): Sensors in Houshold Applicances – Sensor Applications, Volume 5; Verlag Wiley-VCH

Quellenverzeichnis: Internetquellen

- [1] Wikipedia-Artikel „Wohnraum“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Wohnraum>; (abgerufen am 20. Mai 2008)
- [2] Wikipedia-Artikel „Wohnraum“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Passivhaus>; (abgerufen am 20. Mai 2008)
- [3] Passivhaus-Energiestandards in Österreich:
URL:<http://www.igpassivhaus.at/>; (abgerufen am 22. Mai 2008)
- [4] Passivhaus-Energiestandards Deutschland:
URL:<http://www.passiv.de/>; (abgerufen am 22. Mai 2008)
- [5] Feist Wolfgang: Energieeffizienz: URL:http://www.passiv.de/navi_L/Eneff/Energieeffizienz.pdf (abgerufen am 22. Mai 2008)
- [6] Darstellung Energieverbrauch im Haushalt URL:
<http://pelletsheizung.at/de/brennstoffe/energiekosten/energieverbrauch-im-haushalt.html> (abgerufen am 10. September 2008)
- [7] Artikel „Interessantes zum Thema Energie, Energiesparen und energieeffizientes Bauen“: URL:<http://www.wordtmann.com/zahlen.html>; (abgerufen am 25. Mai 2008)
- [8] Nussbaum Günther: Blog zur Renovierung einer Altbauwohnung im Passivhausstil; URL:www.daslachendedach.at; (abgerufen am 15. Mai 2008)
- [9] Artikel auf WohnNet: „Mit Hilfe von Förderungen zum günstigen Passivhaus“: URL: <http://www.wohnet.at/passivhaus-die-kosten.htm>; (abgerufen am 5. September 2008)
- [10] Streamin Video–Beitrag des ORF zum Thema Passivhaus
URL:http://www.hausderzukunft.at/highlights/passivhaus_orf.htm; (abgerufen am 25. Juni 2008)
- [11] Artikel zum Thema: Raumklima und Behaglichkeit:
URL:www.energiespirmobil.de/downloads_infomaterial/pdf/dach_waende_fenster/raumklima_behaglichkeit.pdf (abgerufen am 5. Juni 2008)
- [12] Wikipedia-Artikel „Konvektion“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Konvektion>; (abgerufen am 5. Juli 2008)
- [13] Wikipedia-Artikel „Wärmeleitung“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitung>; (abgerufen am 5. Juli 2008)
- [14] Artikel über Wärmestrahlung: URL:<http://astro.uni-wuppertal.de/~kampert/BI/kap38/Kap38.pdf>; (abgerufen am 5. Juli 2008)
- [15] Wikipedia-Artikel „Wärmestrahlung“:
URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmestrahlung>; (abgerufen am 5. Juli 2008)

- [16] Eigenschaften der Luft, Bedeutung im Bauwesen:
URL:<http://www.ib-rauch.de/okbau/bauchemie/luft.html>;
(abgerufen am 12.Juli 2008)
- [17] Wikipedia-Artikel „Joule“: URL:[http://de.wikipedia.org/wiki/Größenordnung_\(Energie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Größenordnung_(Energie)); (abgerufen am 12.Juli 2008)
- [18] Korte-Bauunternehmung: Artikel über U-Wert und
Hohlschichtdämmung: URL:<http://www.kortebau.de/101.O.html>;
(abgerufen am 12.Juli 2008)
- [19] Wikipedia-Artikel „Lichtausbeute“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtausbeute>; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [20] Preis.Info: Daten über Mikrowellen: URL:<http://preis.info/Haushaltselektronik/h/Mikrowelle/hsk,h.html>; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [21] Preissuchmaschine: Information über verschiedene Haartrockner:
URL: <http://www.preissuchmaschine.de/in-Haartrockner/Haartrockner/>; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [22] Geizhals: Vergleich mehrerer TV-Geräte in der Leistungsaufnahme:
URL:<http://geizhals.at/?o=36> (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [23] Elektronik-Kompodium: Artikel über Computernetzteile:
URL:<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/com/1112041.htm>; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [24] TÜV-Rheinland: Artikel über Personal-Computer:
URL:http://lga.de/tuv/de/produkte/produkte_it_pc.shtml;
(abgerufen am 16.Juli 2008)
- [25] Artikel aus 2004: Der Mensch und sein Energiehaushalt:
URL:www.mdh-technology.de/images/PDF/Der_Mensch_und_sein_Energiehaushalt.pdf; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [26] EFG – Energie für Gebäude: Artikel Mensch und Wärme:
URL:http://www.efg.de/KirchenSitzHeizung/13-4_M_fl_Mensch_und_Waerme.htm; (abgerufen am 15.Juli 2008)
- [27] Wikipedia-Artikel „Differenzdruck-Messverfahren“:
URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Differenzdruck-Messverfahren>;
(abgerufen am 16.Juli 2008)

- [28] Artikel über Gebäudethermographie:
URL:<http://www.radio101.de/thermographie/gebaeudethermographie.htm>; (abgerufen am 5.Juli 2008)
- [29] Wikipedia-Artikel „Definition von Sensorik“:
URL:[http://de.wikipedia.org/wiki/Sensorik_\(Technik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Sensorik_(Technik)); (abgerufen am 5.August 2008)
- [30] Wikipedia-Artikel „Reed-Relais“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Reed-Relais>; (abgerufen am 5.August 2008)
- [31] Wikipedia-Artikel „Widerstand“: URL:[http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_\(Bauelement\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Widerstand_(Bauelement)); (abgerufen am 5.August 2008)
- [32] Wikipedia-Artikel „Fotodiode“: URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Fotodiode>; (abgerufen am 5.August 2008)
- [33] Wikipedia-Artikel „Fototransistor“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Fototransistor>; (abgerufen am 5.August 2008)
- [34] Wikipedia-Artikel „kapazitive Sensoren“:
URL:http://de.wikipedia.org/wiki/Kapazitive_Sensoren;
(abgerufen am 10.August 2008)
- [35] Wikipedia-Artikel „Induktive Sensoren“:
URL:http://de.wikipedia.org/wiki/Induktiver_Sensor“; (abgerufen am 10.August 2008)
- [36] Wikipedia-Artikel „Piezoelektrizität“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizit%C3%A4t>; (abgerufen am 10.August 2008)
- [37] Wikipedia-Artikel „Lichtschranke“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtschranke>; (abgerufen am 15.August 2008)
- [38] Wikipedia-Artikel „Bewegungsmelder“:
URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Bewegungsmelder>; (abgerufen am 15.August 2008)
- [39] Wikipedia-Artikel „Optokoppler“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Optokoppler>; (abgerufen am 10.August 2008)
- [40] UNI-Münster: Vorlesungsunterlagen Physik – Elektrische Leistung:
URL:http://www.uni-muenster.de/Physik.TD/elektrische_leistung.html; (abgerufen am 3.August 2008)
- [41] Wikipedia-Artikel „Stromzange“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Stromzange>; (abgerufen am 10.August 2008)

- [42] BK-Video: „Personenzählung mittels Überwachungskamera“:
URL:<http://www.bk-video.de/produkte/videosensorik/diealgorithmen/index.html>; (abgerufen am 12.August 2008)
- [43] Wikipedia-Artikel „Wärmebildkamera“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmebildkamera>; (abgerufen am 12.August 2008)
- [44] PRO-4-PRO: Artikel: Personenzählung mittels Laserabtastung:
URL:http://www.pro-4-pro.com/de/Security/Company-12882/LD_PeCo.html; (abgerufen am 25.August 2008)
- [45] Wikipedia-Artikel „RFID“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/RFID>; (abgerufen am 10.August 2008)
- [46] Bundesnetzagentur Deutschland: ISM-Bänder:
URL:<http://www.bundesnetzagentur.de/enid/a2.html>; (abgerufen am 20.August 2008)
- [47] Wikipedia-Artikel „Koaxialkabel“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Koaxialkabel>; (abgerufen am 20.August 2008)
- [48] Wikipedia-Artikel „Glasfaserkabel“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Glasfaserkabel>; (abgerufen am 20.August 2008)
- [49] Wikipedia-Artikel „IEEE-Funkstandards“: URL:http://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a; (abgerufen am 20.August 2008)
- [50] KONNEX: Informationsseite zu EIB/KNX – Home Automation:
URL: www.konnox.org; (abgerufen am 24.August 2008)
- [51] LONMARK: Informationsseite zum LON-Bussystem:
URL:http://www.lonmark.ch/phb/LTT_phb_appendix.PDF; (abgerufen am 24.August 2008)
- [52] BOSCH: Beschreibung intelligenter Haushaltsgeräte:
URL:http://www.bosch.at/content/language1/html/715_3529.htm; (abgerufen am 3.September 2008)
- [53] Siemens: Serve@Home; URL:http://www.siemens-homeappliances.com/BSH/www/frontdoor.aspx?CURI=cms-DE_37534_0_0_0; (abgerufen am 3.September 2008)
- [54] Technische Universität München: Wölfle Dirk, Schneider Friedrich: Funktionsüberwachung von Buskomponenten am Beispiel eines intelligenten Zwischensteckers für den Europäischen Installations bus (EIB); URL:http://www2.mst.ei.tum.de/ahmt/publ/symp/2002/2002_121.pdf; (abgerufen am 11.September 2008)

- [55] Intelligente Steckdose – Beispiel anhand eines CRC-Computer monitors: URL:<http://www.triga.de/power2/powermanagement-Standards.htm>; (abgerufen am 11. September 2008)
- [56] Testo Homepage – Funküberwachung mittels Testo: URL:http://sites.testo.com/saveris/de_AT; (abgerufen am 5. August 2008)
- [57] Siemens: Artikel über Home-Automation bei Siemens: URL:http://www.buildingtechnologies.siemens.ch/products_systems/building_comfort_hvac/home_and_building_automation/home_automation_system/downloads.htm?languagecode=en; (abgerufen am 5. August 2008)
- [58] WAGO: Homepage der Firma WAGO: URL:http://www.wago.com/cps/rde/xchg/wago/style.xsl/dea_index.html; (abgerufen am 22. Juli 2008)
- [59] Datenblatt: WAGO I/O –System 750: URL:http://www.wago.com/wagoweb/documentation/index_d.htm; (abgerufen am 22. Juli 2008)
- [60] Netgear: Powerline Produkt HDXB111: URL:<http://www.netgear.at/Produkte/Powerline/HDXB111/index.htm>; (abgerufen am 2. August 2008)
- [61] AutoCAD – Software: URL: <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/home?siteID=403786&id=406067>; (abgerufen am 2. August 2008)
- [62] WAGO Datenblatt über Datenformat: TO-PASS® - Modul; URL:http://www.wago.com/wagoweb/documentation/index_d.htm; (abgerufen am 22. Juli 2008)
- [63] Wikipedia-Artikel: „Modbus – Protokoll“: URL:<http://de.wikipedia.org/wiki/Modbus>; (abgerufen am 20. August 2008)
- [64] Apache Software Foundation: Apache-Server: URL:<http://www.apache.org/>; (abgerufen am 4. August 2008)
- [65] Sun Microsystems: MySQL-Datenbanken: URL:<http://www.mysql.de/>; (abgerufen am 4. August 2008)
- [66] HTML-Studio: URL:<http://elsdoerfer.name/=htmlstudio>; (abgerufen am 4. August 2008)

- [67] WAGO Datenblatt: TO-PASS® - Modul:
URL:http://www.wago.com/wagoweb/documentation/index_d.htm; (abgerufen am 22. Juli 2008)
- [68] Datenblatt Optokoppler HCPL 3700:
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/H/C/P/L/H/CPL-3700.shtml (abgerufen am 22. Juli 2008)
- [69] Wikipedia-Artikel: „LUX“: URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Lux_\(Einheit\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Lux_(Einheit)); (abgerufen am 20. September 2008)
- [70] Analog Microelectronics: URL: <http://www.analogmicro.de/german/index.html>; (abgerufen am 3. September 2008)
- [71] Conrad Electronics – Onlineshop: URL: <http://www.conrad.at/>; (abgerufen am 3. September 2008)
- [72] Datenblatt Lichtschranke: URL:
http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/190978-an-01-ml-Tbarriere_photoelectrique_en-fr-de-es-nl.pdf; (abgerufen am 3. September 2008)
- [73] Datenblatt Relais G2R-2 5A 230V: URL:
http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/503981-da-01-de-Leiterplattenrelais_G2R-2_5A230V.pdf; (abgerufen am 3. September 2008)
- [74] Datenblatt PT1000: URL: <http://www.conrad.at/>; (abgerufen am 3. September 2008)
- [75] Datenblatt LM35: URL:<http://cache.national.com/ds/LM/LM35.pdf>; (abgerufen am 3. September 2008)
- [76] Datenblatt Feuchtigkeitssensor TYPE HU10:
URL:<http://www.farnell.com/datasheets/112953.pdf>;
(abgerufen am 3. September 2008)
- [77] Reed-Kontakt: MAGNETKONTAKT RS 168A NC und
MAGNETKONTAKT RS 168B NO: Conrad Electronics –
Onlineshop; URL: <http://www.conrad.at/>; (abgerufen am 3.
September 2008)
- [78] Helligkeitssensor FW300: Conrad Electronics – Onlineshop: URL:
<http://www.conrad.at/>; (abgerufen am 3. September 2008)
- [79] PHPLOT; URL: sourceforge.net/projects/phplot/; (abgerufen am
10. September 2008)

Abkürzungsverzeichnis

BACnet	Building Automation and Control Network
BatiBUS	Französisch: Bâtiment Bus (Gebäude Bus)
CAT	Category
CCD	Charged Coupled Device
CENELEC	französische: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Europäisches Komitee für Elektrotechnische Standardisierung)
CMOS	Complementary Metal Oxid Semiconductor
CTR	Current Transfer Ratio
DIN	Früher Deutsche Industrie-Norm, heute DIN-Norm Deutsches Institut für Normung
EIB/KNX	Europäischer Installationsbus / Konnex
EHSA	European Home Systems Association
EN	European Norm
EnEV	Energieeinsparungsverordnung
HF	High Frequency; Frequenzen im Kurzwellenbereich
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HTML	HyperText Markup Language
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
ISM	Industrial, Scientific and Medical Radio Bands
IR	Infrarot
LON	Local Operating Network
LF	Low Frequency; Frequenzen im Langwellenbereich

MS/TP	Master-Slave/Token-Passing
OSI	Open Systems Interconnection
PIR	Passiv Infrarot
PLC	Powerline Communication
RF	Radio Frequency;
RFID	Radio Frequency Identification
SI	Französisch: Système international d'unités (Internationales Einheitensystem)
S/UTP	Shielded/Unshielded Twisted Pair
TP	Twisted Pair
UHF	Ultra-High-Frequency; Dezimeterwellen
UTP	Unshielded Twisted Pair
UV	Ultraviolett
WSchVO	Wärmeschutzverordnung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche Energieverbrauchsverteilung [6]	12
Abbildung 2: Energieverbrauch der Haushalte nach Gebäudestandard [7]	13
Abbildung 3: Zusammenhang Oberflächentemperatur und Lufttemperatur [Kas07a]	17
Abbildung 4: Reflexion von Wärmestrahlung [14]	19
Abbildung 5: Temperaturverlauf in einer Mauer	20
Abbildung 6: Stand-PC im Betrieb, mit offenem Gehäuse [24]	25
Abbildung 7: Thermogramm eines menschlichen Körpers im Inneren eines Gebäudes; aufgenommen bei Raumtemperatur 23 °C [25]	26
Abbildung 8: Wärmeabgabe eines Menschen durch Konvektion (links) und durch Wärmestrahlung (rechts) [26]	27
Abbildung 9: Wärmeverluste in einem freistehenden Einfamilienhaus	31
Abbildung 10: Gebäudethermographie: Mehrfamilienhaus (Aachen) [28]	32
Abbildung 12: Gebäudethermographie: weiteres Beispiel für schlechte Isolierung [28]	33
Abbildung 13: Kraftwerk Weisweiler, Kreis Aachen [28]	33
Abbildung 14: Einfacher Reed – Kontakt [30]	36
Abbildung 15: Prinzip von kapazitiven Sensoren [34].	38
Abbildung 16: Links: Schwimmer mit Kopplung; Rechts: Schwimmer –Array [Hes04]	41
Abbildung 17: Füllstandbestimmung mittels Lichtschranke [Hes04]	41
Abbildung 18: Kontinuierlich messende kapazitive Sonde [Hes04]	42
Abbildung 19: Durchflussmesser mit Messflügeln, [Hes04]	43
Abbildung 20: PIR – Sensor – Erfassungsbereiche [Ber06]	46
Abbildung 21: Links: Prinzip eines Optokopplers; Rechts: Beispiel eines Optokoppler-ICs [39]	47
Abbildung 22: Links: Leistungsmessung Gleichstrom; Rechts: Einphasenwechselstrom – Leistungsmessung [40]	49
Abbildung 23: Messgerät Stromzange [41]	50
Abbildung 24: Personenzählung in einem Supermarkt [42]	52
Abbildung 25: LD PeCo Personenzähler-Funktionsprinzip [44]	53
Abbildung 26: Links: RFID-Chip mit Antenne; Rechts: 13,56MHz Transponder[45]	55
Abbildung 27: Prinzip von TP-Kabeln [Mer07]	60
Abbildung 28: Grundprinzip der Powerline – Technologie [Har07]	63
Abbildung 29: Netzwerkset, Netgear HDX111 [50]	63
Abbildung 30: Installation des EIB/KNX Bus zum Steuern einer Lampe [Har07]	67
Abbildung 31: Funktionsbausteine Busankoppler [Bei04]	68

Abbildung 32: Modulares KNX.PL-Gerät [Busch-Jaeger Elektro] [Mer07]	69
Abbildung 33: 6 Fach- Schaltaktor [Mer07]	69
Abbildung 34: EIB/KNX Anlage mit maximaler Teilnehmeranzahl [Bei04]	70
Abbildung 35: Aufbau eines EIB – Telegramms [Ber06]	71
Abbildung 36: Funktionsprinzip der LON–Technik [Mer07]	72
Abbildung 37: Telegrammstruktur von LonWorks [51]	73
Abbildung 38: Lon-Modul–Sollwertsteller mit Buskoppler [Mer07]	74
Abbildung 39: BACnet – Schichtenmodell; [Mer07]	75
Abbildung 40: Waschmaschine mit Serve@Home Systeminterface [Ric06]	76
Abbildung 41: Leistungsmessung der „Intelligenten Steckdose“ [55]	77
Abbildung 42: Typisches System der Firma Testo [56]	78
Abbildung 43: WAGO-750 Feldbusknoten [58]	79
Abbildung 44: Datenkontakte von WAGO 750er – Modulen [58]	80
Abbildung 45: Wohnung fotografiert von der Straße	81
Abbildung 46: Raumordnungsplan; Stand September 2007 [60]	83
Abbildung 47: Obere Ebene mit Außenbereichen; (September 2007) [60]	84
Abbildung 48: 3D-Gittermodell mit Grundriss – Informationen	85
Abbildung 49: 3D-Gittermodell der gesamten Wohnung in AutoCAD 2008	86
Abbildung 50: 3D-Vollmodell der gesamten Wohnung	87
Abbildung 51: 3D-Vollmodell - Rückansicht der Wohnung	87
Abbildung 52: 3D-Vollmodell: Kinderzimmer 1	88
Abbildung 53: Berechnungsergebnis der Funktion „_massprop“	89
Abbildung 54: Übersicht des Grobkonzepts	90
Abbildung 55: Sensorplan des Wohnbereichs	94
Abbildung 56: Sensorische Überwachung, Fenster und Außenbereiche	95
Abbildung 57: Prinzip der Personendetektierung im Eingangsbereich	103
Abbildung 58: EIB–Installation im Haustechnikraum	104
Abbildung 59: EIB – Installation im Kinderzimmer	106
Abbildung 61: Tabellen in der Datenbank	111
Abbildung 62: Homepage der Wohnungsüberwachung (Prototyp)	112
Abbildung 63: Datenbank zu Demonstrationszwecken	115
Abbildung 64: Zugangsdaten für GPRS-Betrieb	116
Abbildung 65: Innenschaltbild des Optokopplers HCPL 3700 [68]	118
Abbildung 66: Beschaltung des AM 422 [70]	120
Abbildung 67: Darstellung I/O Zustände der TO-PASS Software	121
Abbildung 68: Übersichtsseite der Webpage	122
Abbildung 69: Darstellung I/O Zustände der TO-PASS Software	123
Abbildung 70: Darstellung Kurve - Digitale I/O Zustände	124
Abbildung 71: Darstellung Kurve - Helligkeitssensor	124
Abbildung 72: Darstellung Kurve - Feuchtigkeitssensor	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirkungsgrad von Beleuchtungskörpern [19]	22
Tabelle 2: Füllstandsensoren – Übersicht [Hes04]	43
Tabelle 3: Frequenzbereiche für RFID-Technik [45]	56
Tabelle 4: Reichweiten und typische Anwendungen für RFID-Technik [45]	57
Tabelle 5: Vergleich verschiedener Kabeltypen	61
Tabelle 6: Berechnung des Gesamtvolumens	88
Tabelle 7: Tabelle Sensortypen	92
Tabelle 8: Gesamtanzahl der geplanten Sensoren	96
Tabelle 9: Berechnung des gesamten Kabelaufwandes	97
Tabelle 10: Berechnung Sensor-Aufwand bei Einsatz des WAGO 750er I/O-System	98
Tabelle 11: Berechnung nötiger Module für den Einsatz von WAGO-I/O- SYSTEM 750	98
Tabelle 12: Berechnung nötiger Module für den Einsatz mit dem EIB/KNX Bus	99
Tabelle 13: Berechnung erforderlicher Module für den Einsatz für den EIB/KNX-Bus	100
Tabelle 14: Sensoren für den Einsatz von EIB/KNX-Bus	100
Tabelle 15: Kostenvergleich WAGO-I/O-SYSTEM 750 und EIB/KNX-Bus	101
Tabelle 16: TO-PASS Datenformat GPRS	109
Tabelle 17: Datenvolumen des Konzepts	110

Anhang

vorraussichtliche Gesamtkosten I/O System 750 - WAGO

Steuereinheiten	4777,00 € (Brutto)
Sensoren + Kabel	2090,56 € (Brutto)
Gesamt	6867,56 € (Brutto)

Alles Ohne Arbeitszeit!

Verkabelungsaufwand - Bus & Sensoren

Annahmen: Realisierung mittels Twisted Pair
 Zentrales Steuerelement befindet sich im Haustechnikraum
 Kabelkanal liegt in der Wohnung in der Aussenwand
 Kabellängen sind alles grobe Schätzungen

Raum	geplante Überwachung	Stk	Kabellänge (angenommene Einzelstrecken)	Summe Einzelstrecken	zusätzliche Länge zur Sicherheit	Gesamt	Länge bei 4 Adriger
Markus	Temperatur	1	374+385	749	200	949	
Kinderzimmer	Lichtschalter	1	374+385+385	1145	200	1345	1345
	Fenster 1	1	374+385+200	949	200	1149	
	Fenster 2	1	374+386+200	949	200	1149	1149
	Fenster 3	1	374+387+200	949	200	1149	
	Tür 1	1	374+385+385	1145	200	1345	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+385	749	200	949	
7 Sensoren		Gesamtlänge: 8035		4 Adrige TP-Kabel	2494		

Sandra	Temperatur	1	374+385+374	1123	200	1323	
Kinderzimmer	Lichtschalter	1	374+374+385+385	1518	200	1718	
	Fenster 1	1	374+374+385+200	1323	200	1523	
	Fenster 2	1	374+374+385+200	1323	200	1523	
	Fenster 3	1	374+374+385+200	1323	200	1523	1525
	Tür 1	1	374+385+385	1145	200	1345	
	Helligkeitssensor (innen)	1	374+385+373	1123	200	1323	1718
	Helligkeitssensor (aussen)	1	374+385+374+200	1323	200	1523	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+374+385	1123	200	1323	
9 Sensoren		Gesamtlänge: 13124		4 Adrige TP-Kabel	3243		

Kathi	Temperatur	1	374+385+374+374	1497	200	1697	
Kinderzimmer	Lichtschalter	1	374+374+385+385+374	1892	200	2092	2092
	Fenster 1	1	374+385+374+374+200	1697	200	1897	
	Fenster 2	1	374+385+374+374+200	1697	200	1897	
	Fenster 3	1	374+385+374+374+200	1697	200	1897	1897
	Tür 1	1	374+374+385+385+374	1892	200	2092	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+385+374+374	1497	200	1697	
7 Sensoren		Gesamtlänge: 13269		4 Adrige TP-Kabel	3989		

Schlafzimmer	Temperatur	1	374+385+374+374+300	1797	200	1997	
	Lichtschalter	1	374+374+385+385+374+300	2192	200	2392	2392
	Fenster 1	1	374+385+374+374+500	1997	200	2197	
	Fenster 2	1	374+385+374+374+500	1997	200	2197	2197
	Tür 1	1	374+374+385+385+374+300	2192	200	2392	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+385+374+374+300	1797	200	1997	
6 Sensoren		Gesamtlänge: 13172		4 Adrige TP-Kabel	4589		

Begehbarer Schrr	Temperatur	1	374+385+374+374+300+100	1897	200	2097	
	Lichtschalter	1	374+374+385+385+374+300+385	2577	200	2777	2777
	Tür 1	1	374+374+385+385+374+300+385	2577	200	2777	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+385+374+374+300+100	1897	200	2097	
4 Sensoren		Gesamtlänge: 9748		4 Adrige TP-Kabel	2777		

Haustechnikraum	Temperatur	1	100	100	200	300	
	Lichtschalter	1	100	100	200	300	300
	Fenster 1	1	385+200	585	200	785	785
	Tür 1	1	100	100	200	300	
	Strom - Sensor (Leistung)	1	100	100	200	300	
	Gas - Sensor (Impulszähler)	1	100	100	200	300	
	Wasser - Sensor (Impulszähler)	1	100	100	200	300	
	Feuchtigkeitssensor	1	100	100	200	300	300
	Wärmetauscher - Sensor (Temp)	1	100	100	200	300	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	100	100	200	300	
10 Sensoren		Gesamtlänge: 3485		4 Adrige TP-Kabel	1385		

Gang	Temperatur 1	1	500	600	200	800	
	Temperatur 2	1	500+580	1080	200	1280	
	Lichtschalter	1	500	600	200	800	1280
	Lichtschalter	1	500+580	1080	200	1280	1480
	Fenster 1	1	500+200	700	200	900	
	Fenster 2	1	500+580+200	1280	200	1480	
	Fenster 3	1	500+580+200	1280	200	1480	1897
	Eingangstür	1	500+580	1080	200	1280	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	100	100	200	300	

	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	500	600	200	800	
(Eingangsbereich)							
	Lichtschranke 1	1	580+374+374	1328	200	1528	
	Lichtschranke 2	1	580+374+375	1328	200	1528	1528
	Personenwaage	1	580+374+376	1328	200	1528	
13 Sensoren		Gesamtlänge: 14984		4 Adrige TP-Kabel	6185		

Gästezimmer	Temperatur	1	500+580	1080	200	1280	
	Fenster 1	1	500+580+200	1280	200	1480	1280
	Tür 1	1	500+580+201	1280	200	1480	
	Lichtschalter	1	500+580	1080	200	1280	1480
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	500+580	1080	200	1280	
5 Sensoren		Gesamtlänge: 6800		4 Adrige TP-Kabel	2760		

Abstellraum	Waschmaschine (Leistung)	1	500+300	800	200	1000	
	Temperatur	1	500+300	800	200	1000	
	Fenster 1	1	500+300+200	1000	200	1200	1280
	Tür 1	1	500+300	800	200	1000	
	Lichtschalter	1	500+300	800	200	1000	1000
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	500+580	800	200	1000	1000
	Trockner (Leistung)		500+300	800	200	1000	
7 Sensoren		Gesamtlänge: 7200		4 Adrige TP-Kabel	3280		

Bad	Temperatur	1	374+374+374+300+100	1522	200	1722	
	Fenster 1	1	374+374+374+300+500	1922	200	2122	
	Fenster 2	1	374+374+374+300+500	1922	200	2122	2197
	Feuchtigkeitssensor	1	374+374+374+300+501	1922	200	2122	
	Tür 1	1	374+374+374+300	1422	200	1622	
	Lichtschalter	1	374+374+374+300+100	1522	200	1722	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	374+374+374+300+100	1522	200	1722	1722
7 Sensoren		Gesamtlänge: 13154		4 Adrige TP-Kabel	3919		

WC 1	Temperatur	1	374+374+374+300+700	2122	200	2322	
	Tür	1	374+374+374+300+701	2122	200	2322	
	Lichtschalter	1	374+374+374+300+700	2122	200	2322	2322
3 Sensoren		Gesamtlänge: 6966		4 Adrige TP-Kabel	2322		

WC 2	Temperatur	1	374+374+100	848	200	1048	
	Tür	1	374+374+101	848	200	1048	
	Lichtschalter	1	374+374+101	848	200	1048	1048
3 Sensoren		Gesamtlänge:	3144	4 Adrige TP-Kabel		1048	

Wohnzimmer und Küche	Lichtschalter 1	1	374+374+374+300+170+100	1692	200	1892	
	Lichtschalter 2	1	374+374+374+300+170+580	2172	200	2372	
	Fenster 1	1	2266+385+200	1922	200	2122	
	Fenster 2	1	2266+385+200	1922	200	2122	
	Fenster 3	1	2266+385+250+200	1922	200	2122	
	Fenster 4	1	2266+385+542+200	1922	200	2122	2122
	Fenster 5	1	2266+385+700+200	1922	200	2122	
	Fenster 6	1	2266+385+700+200	1922	200	2122	2122
	Fenster 7	1	2266+385+700+200	1922	200	2122	
	Fenster 8	1	2266+385+700+200	1922	200	2122	2122
	Fenster 9	1	2266+385+1000+200	1922	200	2122	
	Fenster 10	1	2266+385+1000+200	1922	200	2122	2122
	Fenster 11	1	2266+385+1000+200	1922	200	2122	
	Fenster 12	1	2266+385+1000+200	1922	200	2122	3208
	Tür Obergeschoss	1	374+374+374+300	1422	200	1622	
	Helligkeitssensor (innen)	1	2466+542	3008	200	3208	
	Helligkeitssensor (aussen)	1	2466+542+200	3208	200	3408	3594
	Temperatur	1	385+2467+542	3394	200	3594	
	Temperatur (aussen)	1	385+2467+542	3394	200	3594	
	Geschirrspüler (Leistung)	1	374+374+374+300+170+300	1892	200	2092	
	Herd (Leistung)	1	374+374+374+300+170+300	1892	200	2092	
	Feuchtigkeitssensor	1	374+374+374+300+170+100	1692	201	1893	
	Holzofen (Temperatur)	1	385+2467+542	3394	200	3594	4092
	Steckdose TV (Leistungsmessung)	1	385+2466	2851	200	3051	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	385+2467+542	3394	200	3594	
	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	384+2467+1041	3892	200	4092	
26 Sensoren		Gesamtlänge:	65562	4 Adrige TP-Kabel		19382	

Büro	Temperatur	1	2466+1645	4111	200	4311	4511
	Lichtschalter	1	2466+1645	4111	200	4311	
	Fenster 1	1	2466+1645+200	4311	200	4511	
	Fenster 2	1	2466+1645+200	4311	200	4511	4311
	Tür	1	2466+1645	4111	200	4311	

	Steckdosen (für Elektrogeräte, bei Kabelkanal abgreifen)	1	2466+1645	4111	200	4311
	PC - Sensor	1	2466+1645	4111	200	4311
7 Sensoren		Gesamtlänge: 30577		4 Adrige TP-Kabel		8822

Gesamte Kabellänge **209220 cm = 2092m**

bei Twisted Pair sind meistens 4 Kabelpaare in einem Kabelstrang - daher gebe ich folgende Kaufempfehlung -->

Gesamte bei 4 Kabelpaaren **66195 cm = 662 m**

vielleicht gibt's diese Kabel ja in 700 m Rollen zu kaufen, wo man sich das passende Stück runterschneiden kann

Nötige Anzahl der Sensoren & Module

Sensorart	Stk
Temp. - Sensoren	16
Strom - Sensor (Leistungsmessung)	7
Luftfeuchtigkeitsmessung	3
Wärmetausch - Sensor (Temperatur im Luftstrom)	2
Personen - Sensor (Waage)	1
Helligkeitssensor - Sensor	4
Lampen- Sensoren (Stromfluss-Detektor)	15
Steckdosen (Stromfluss-Detektor)	12
Tür - Sensoren (Reed-Kontakte)	16
Fenster - Sensoren (Reed-Kontakte)	33
IR - Schranke	2
Gasmengen - Sensor	1
Wassermengen - Sensor	1
GESAMT	113

Berechnung, wieviele Module notwendig sind...

Nötige I/O - Komponenten		Anz. der Module	
D - Eingang (Reed + Stromfluss + IR)	78	10	(8 - fach Module)
D - Ausgang (zur Versorgung)	~24	3	abh. von möglicher ausgangsbelastung der einzelnen Module
A - Eingang (Spng, Temp, Wid)	33	9	(4 - fach Module)
A - Ausgang (zur Versorgung)	~ 10	3	abh. von möglicher ausgangsbelastung der einzelnen Module
Impulszähler	2	1	

Nötige Anzahl der Sensoren

Bestell - Nr.	Artikel	Stück	Preis/Stk	Gesamt	Shop	Bemerkungen	geschätzte max. Kosten
*****	Temperatur - Sensoren						
181293 - 62	TO 92, PT 1000, KL. B TEMP. SENSOR	19	5,72	108,68	Conrad	Temp-Sensor; Pt 1000	108,68
*****	Reed - Kontakte						
750137 - 62	Magnetkontakt RS 168B NO	49	3,59	175,91	Conrad	Reed - Kontakt, plastik-bauform, für Fenster und Türen	175,91
*****	Stromfluss - Erkennung						
151939 - 62	HCPL3700 OPTOKOPPLER	29	5,25	152,25	Conrad	Opto-Koppler mit integriertem Gleichrichter (230V AC) - Vorwiderstände nötig	152,25
*****	Kabel						
200502	300m Twisted Pair (4 Kabelpaare)	3	73,9	221,7	Preisroboter	http://www.preisroboter.de/ergebnis7479243.html	221,7
*****	Feuchtigkeitssensor						
1226686	HU1015NA: FEUCHTESENSOR	4	14,3	57,2	Farnell	relativen Luftfeuchte, liefert Spannungswert	57,2
*****	Durchfluss-Sensoren						
155040 - 62	FUELLSTANDSENSOR LCS 02	1	10,9	10,9	Conrad	Schraubkontakt mit PVC-Schwimmer	10,9
155374 - 62	DURCHFLUSSMESSER FCH-M	1	22,5	22,5	Conrad	10000 Impulse/l	22,5
155374 - 63	Gasmengenzähler	1	200	200	Conrad		200
*****	Waage						
504928-RT	Tisch und Bodenwaage bis 200 kg	1	699	699	Bär	http://www.baer-portal.at/index.php?entryID=Industriewaage&targetType=catalog&targetID=620&jssCart=d1ec17785a78381d	699
*****	Lichtschranke						
190978 - LN	IR-LICHTSCHRANKE/S/E	2	33,95	67,9	Conrad	IR - Sensor - Sender & Empfänger	67,9
*****	Leistungsmessung						
191710 - 62	diverse Bauteile	36	10	360	Conrad	für Leistungsmessung	360
*****	Helligkeitssensor						
183598 - 62	FW 300 FOTOWIDERSTAND	4	3,63	14,52	Conrad	Lichtsensor	14,52

* Schätzungen

Gesamt: 2090,56

Anzahl Fernwirkmodul & Steuereinheit

Bestell - Nr.	Artikel	Stück	Preis/Netto	gesamt	Shop	Bemerkungen
761-205	TO-PASS M WEB Modbus	1	752,10	752,10	WAGO	Web - Modul
761-9001	Wurfantenne, 2,5 m Anschlussleitung	1	27,25	27,25	WAGO	Antenne für Web - Modul
***** Feldbus-Controller & Systemklemmen						
51037607	Starter Kit 2	1	458,85	458,85	WAGO	Beinhaltet: 1x EthernetController 750-841 1x 2K DI Klemme 24VDC 750-400 1x 2K DO Klemme 24V 0,5A 750-501 1x Endklemme 750-600 1x Netzgerät 24V 1,3A 787-602 1x Software DLL/MODBUS 759-312 1x Programmierkabel 750-920 1x Software WAGO I/O-PRO CAA 759-333
750-601	Potentialeinspeisung, 24V DC, mit Sicherungshalter	1	13,04	13,04	WAGO	Einspeisung für Potential (wenn viele Module angeschlossen sind)
750-650/003-000	RS 232 ADJUSTABLE	1	203,50	203,5	WAGO	RS232 - Schnittstelle (nötig für Kommunikation mit TO-PASS - Modul)
***** Ein-/Ausgangs-Klemmen						
750-430	8-Kanal Digital Eingangsklemme, 1-Leiter-Anschluss, 24V DC 3,0ms	10	36,13	361,34	WAGO	für Schließkontakte (Reed, Optokoppler,...)
750-530	8-Kanal Digital Ausgangsklemme, kurzschlussfest, 24V DC 0,5°	3	40,77	122,30	WAGO	für Schließkontakte (Reed, Optokoppler,...)
750-457	4-Kanal Analog Eingangsklemme, ± 10V DC, single-ended	9	127,86	1150,71	WAGO	Einlesen von Spannungen
750-557	4-Kanal Analog Ausgangsklemme, ± 10V DC	3	138,05	414,15	WAGO	Versorgung von Sensoren
750-404	Vor-/Rückwärtszähler DC 24 V, 100 kHz; für TS 35; CAGE CLAMP®-Anschluss	2,00	163,80	327,60	WAGO	Spezielles Modul für Digitale Impulszählung, für Durchflussmessungen
753-453	4AI 0-20mA SINGLE ENDED	1	150,42	150,42	WAGO	Einlesen von Strömen
***** Gehäuse, Stromversorgung, ...						
	bei Starter - Kit 2 dabei					
***** Software						
	bei Starter - Kit 2 dabei					

* Anzahl der Module wurde nach bisherigem Wissenstand gewählt

* kein Preis vorhanden = 200 € sind eine Schätzung

GESAMT/NETTO	€ 3.981,25
Brutto	€ 4.777,50

Anhang

vorraussichtliche Gesamtkosten für EIB/KNX

Steuereinheiten	12835,99	(Brutto)
Sensoren + Kabel	1408,78	(Brutto)
Gesamt	14244,77	(Brutto)

Alles Ohne Arbeitszeit!

Verkabelungsaufwand - BUS & Sensoren

Annahmen: Realisierung mittels Twisted Pair
 Zentrales Steuerelement befindet sich im Haustechnikraum
 Kabelkanal liegt in der Wohnung in der Aussenwand
 Kabellängen sind alles grobe Schätzungen

Raum	geplante Überwachung	Stk	Kabellängen (angenommene Einzelstrecken)	Summe	zusätzliche Länge zur Sicherheit	Gesamt
Markus	Temperatursensor	1	0	0	50	
Kinderzimmer	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	760	760	100	860
	I/O-Modul (3 Fenster+Tür)	1	760 (Tür) + 300 (Fenster)	1060	100	1160
	Steckdosen-Modul	1	0	0	50	50
	Busleitungen	1	374	374	100	474
4 Module		Gesamtlänge:		2544		
Markus	Temperatursensor	1	0	0	100	100
Kinderzimmer	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	760	760	100	860
	I/O-Modul (3 Fenster+Tür)	1	760 (Tür) + 300 (Fenster)	1060	100	1160
	Helligkeitssensor (innen)	1	0	0	100	100
	Helligkeitssensor (außen)	1	300	300	100	400
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	374	374	100	474
6 Module		Gesamtlänge:		3194		
Kathi	Temperatursensor	1	0	0	100	100
Kinderzimmer	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	760	760	100	860
	I/O-Modul (3 Fenster+Tür)	1	760 (Tür) + 300 (Fenster)	1060	100	1160
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	374	374	100	474
4 Module		Gesamtlänge:		2694		
Schlafzimmer	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	760	760	100	860
	I/O-Modul (2 Fenster+Tür)	1	685 (Tür) + 200 (Fenster)	885	100	985
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	374	374	100	474
4 Module		Gesamtlänge:		2519		
Begehrer Schrank	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	760	760	100	860
	I/O-Modul (Tür)	1	385 (Tür)	385	100	485
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
3 Module		Gesamtlänge:		1545		
Haustechnikraum	Temperatur- & Feuchtigkeitssensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	385	385	100	485
	I/O-Modul (Fenster+Tür)	1	385 (Tür) + 100 (Fenster)	485	100	585
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser - Modul	1	0	0	100	100
	I/O-Modul Impulsmesser	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser - Gesamtstrom	1	0	0	100	100
	Temperaturmesser Wärmetauscher	1	100	100	100	200
	Datenverarbeitendes Modul	1	0	0	100	100
	EIB/KNX - Stromversorgung + Drossel	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	200+385	585	100	685
9 Module		Gesamtlänge:		2655		
Gang	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (3 Fenster+Eingangstür)	1	15+75+150+580+200 (Fenster) + 580 (Tür)	2035	100	2135
	Busleitungen	1	200+374*3+300+170+580	2372	100	2472
Eingangsbereich	I/O-Modul (2 Lichtschranken + Waage)	1	500	500	100	600
6 Module		Gesamtlänge:		5607		
Gästezimmer	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (Fenster+Tür)	1	200 (Tür) + 300 (Fenster)	500	100	600
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	290+400+190	880	100	980
4 Module		Gesamtlänge:		1880		
Abstellraum	Temperatursensor	1	0	0	100	100

	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (Fenster+Tür)	1	400 (Tür) + 300 (Fenster)	700	100	800
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser-Modul (Waschmaschine)	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser-Modul (Trockner)	1	0	0	100	100
	Busleitungen		500+300	800	100	900
6 Module		Gesamtlänge:		2200		

Bad	Temperatur- & Feuchtigkeitssensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (2 Fenster+Tür)	1	400 (Tür) + 600 (Fenster)	1000	100	1100
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen		500+300	800	100	900
4 Module		Gesamtlänge:		2100		

WC 1	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (Tür)	1	200	200	100	300
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	200	200	200	400
	Busleitungen		200	200	100	300
3 Module		Gesamtlänge:		1100		

WC 2	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (Tür)	1	200	200	100	300
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	200	200	200	400
	Busleitungen		200	200	100	300
3 Module		Gesamtlänge:		1100		

Wohnzimmer und Küche	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (4 Fenster)	1	600	600	100	700
	I/O-Modul (4 Fenster)	1	600	600	100	700
	I/O-Modul (4 Fenster)	1	600	600	100	700
	I/O-Modul (DG-Tür)	1	300	300	100	400
	Temperatur- & Feuchtigkeitssensor	1	0	0	100	100
	Temperatursensor (aussen)	1	600	600	100	700
	Temperatursensor Holzofen	1	300	300	100	400
	Helligkeitssensor (innen)	1	0	0	100	100
	Helligkeitssensor (aussen)	1	600	600	100	700
	Leistungsmesser-Modul (Herd)	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser-Modul (Geschirrspüler)	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser-Modul (TV)	1	0	0	100	100
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	526+542+800+800	2668	100	2768
15 Module		Gesamtlänge:		8068		

Büro	Temperatursensor	1	0	0	100	100
	Lichtschalter Sensor - Aktor	1	0	0	100	100
	I/O-Modul (2 Fenster + Tür)	1	400 (Fenster) + 200 (Tür)	600	100	700
	Steckdosen-Modul	1	0	0	100	100
	Leistungsmesser-Modul (PC)	1	0	0	100	100
	Busleitungen	1	250	250	100	350
5 Module		Gesamtlänge:		1450		

Gesamte Kabellänge		38856 cm =		389m		
---------------------------	--	-------------------	--	-------------	--	--

Nötige Anzahl der Module

Module	Stk	Preis	Gesamt	Shop-Link
EIB/KNX - Stromversorgung + Drossel	1	285,58	285,58	Busch-Jäger KNX-EIB-Spannungsversorgung 640 mA REG
Datenverarbeitendes Modul	1	194,49	194,49	Siemens KNX-EIB-IP-Interface N 148/21 REG
Buskoppler - Modul	1	189,09	189,09	ABB KNX-EIB-Datenschnittstelle seriell RS-232 2-fach REG
Helligkeitssensor (außen)	2	222,77	445,54	ABB KNX-EIB-Analogeingang 4-fach REG
Helligkeitssensor (innen)	2	222,77	445,54	ABB KNX-EIB-Analogeingang 4-fach REG
I/O-Modul (4 Anschlüsse)	18	187,64	3377,52	ABB KNX-EIB-Binäreingang 4-fach mit Handbetätigung 230 V AC REG
I/O-Modul Impulsmesser	1	222,77	222,77	ABB KNX-EIB-Analogeingang 4-fach REG
Leistungsmesser - Modul	7	149,94	1049,58	ABB KNX-EIB-Zählerschnittstelle REG
Lichtschalter Sensor - Aktor	16	34,78	556,48	ABB KNX-EIB-Tastensensor 1-fach mit Beschriftungsfeld solo / future studioweiss
		139,23	139,23	ABB KNX-EIB-Busankoppler UP inclusive KNX-EIB-Schaltaktor 1-fach 10 A
Steckdosen-Modul	12	222,77	2673,24	ABB KNX-EIB-Analogeingang 4-fach REG
Temperatur- & Feuchtigkeitssensor	3	178,48	535,44	http://www.eibmarkt.com/cgi-bin/eibmarkt.storefront/DE/Product/N700067?PIG=SA&PID=Preisroboter
Temperatursensor	12	178,48	2141,76	http://www.eibmarkt.com/cgi-bin/eibmarkt.storefront/DE/Product/N700067?PIG=SA&PID=Preisroboter
Temperatursensor - Wärmetauscher	1	222,77	222,77	ABB KNX-EIB-Analogeingang 4-fach REG
Temperatursensoren - Außen	1	178,48	178,48	http://www.eibmarkt.com/cgi-bin/eibmarkt.storefront/DE/Product/N700067?PIG=SA&PID=Preisroboter
Temperatursensor - Ofen	1	178,48	178,48	http://www.eibmarkt.com/cgi-bin/eibmarkt.storefront/DE/Product/N700067?PIG=SA&PID=Preisroboter
Gesamt	79		12835,99	

Nötige Anzahl der Sensoren

Bestell - Nr.	Artikel	Stück	Preis/Stk	Gesamt	Shop	Bemerkungen	geschätzte max. Kosten
*****	Temperatur - Sensoren						
181293 - 62	TO 92, PT 1000, KL. B TEMP.	4	5,72	22,88	Conrad	Temp-Sensor; Pt 1000	22,88
*****	Reed - Kontakte						
750137 - 62	Magnetkontakt RS 168B NO	49	3,59	175,91	Conrad	Reed - Kontakt, plastik-bauform, für	175,91
*****	Kabel						
71800	500m Twisted Pair	1	127,27	127,27	Preisroboter	4 Adriges TP-Kabel	127,27
*****	Durchfluss-Sensoren						
155040 - 62	FUELLSTANDESENSOR LCS 02	1	10,9	10,9	Conrad	Schraubkontakt mit PVC-Schwimmer	10,9
155374 - 62	DURCHFLUSSMESSER FCH-M	1	22,5	22,5	Conrad	10000 Impulse/l	22,5
155374 - 63	Gasmengenzähler	1	200	200	Conrad		200
*****	Waage						
504928-RT	Tisch und Bodenwaage bis 200 kg	1	699	699	Bär	http://www.baer-portal.at/index.php?entryID=Industriewaage&targetType=catalog&targetID=620&jssCart=d1ec17785a78381d	699
*****	Lichtschranke						
190978 - LN	IR-LICHTSCHRANKE/S/E	2	33,95	67,9	Conrad	IR - Sensor - Sender & Empfänger	67,9
*****	Leistungsmessung						
191710 - 62	diverse Bauteile	7	10	67,9	Conrad	für Leistungsmessung	67,9
*****	Helligkeitssensor						
183598 - 62	FW 300 FOTOWIDERSTAND	4	3,63	14,52	Conrad	Lichtsensor	14,52

* Schätzungen

Gesamt: 1408,78

Anhang

```
<!--***** -->
<!--***** HTML und PHP – Code für die Webpage "uebersicht-demo.php" ***** -->
<!--***** Paier Michael ***** TU – Wien ***** September 2007 ***** -->
<!--***** -->
<?php
    // Zugriffsstring für Datenbank
    $link = mysql_connect( "maxdata.auto.tuwien.ac.at", "paier", "r2H3yPhGO2M=" );

    if ( !$link )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung mit Server nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte keine Verbindung aufbauen";
        die;
    }

    // Zugriff auf Datenbank
    if ( !mysql_select_db("paier") )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte nicht die Datenbank aus&auml;hlen: " . mysql_error();
        die;
    }
?>
<?
    // Datenbankabfragen ...
    // Selektiert Tabelle gprs und sortiert die Einträge anhand des Eintrags TI (Timestamp)
    // Dabei werden die letzten 20 Werte zurückgegeben auch mit Timestamp
    $query = "SELECT * FROM `gprs` ORDER by TI DESC Limit 20";
    $result_gprs = mysql_query( $query);
    $datensatz_gprs = mysql_fetch_assoc( $result_gprs);
?>
<html>
    <head>
        <title>Diplomarbeit von Michael Paier</title>
    <script>
        <!--
        function BlurLinks(){
            Inks=document.getElementsByTagName('a');
            for(i=0;i<Inks.length;i++){
                Inks[i].onfocus=new Function("if(this.blur)this.blur()");
            }
        }
        onload=BlurLinks;
    </script>
    <link rel="stylesheet" href="css/format.css" type="text/css">

    <script language="JavaScript">
    <!--
    /* Grafiken für mouseover*/
        bild01= new Image();
        bild01.src = "images/back.gif";
        bild02= new Image();
        bild02.src = "images/back_over.gif";
        bild03= new Image();
        bild03.src = "images/top.gif";
        bild04= new Image();
        bild04.src = "images/top_over.gif";
    </script>
    <link rel="stylesheet" href="css/datumstyle01.css" type="text/css">
    <script src="css/datumuhr.js" type="text/javascript"></script>
    <style type="text/css">
    <!--
    .style1 {
        font-size: 14pt;
        font-weight: bold;
    }
-->
</style>
</head>
<body onload="window.setTimeout ('datumuhr()',1000);" >
```


Anhang

```
<td colspan="3" bgcolor="#e0e0e0" class="rub" height="22" style="border-bottom:solid 1px #bfbfbf;
background="images/a1b.gif" >&nbsp;&nbsp;&nbsp;<a href="index.html">Startseite</a> \ &Uuml;bersicht</td></tr>
<tr>
<td colspan="3" bgcolor="#ffffff"></td>
</tr><tr>
<td bgcolor="#ffffff"></td><td width="100%"
valign="top" bgcolor="#ffffff" height="870">
<!-- inhalt-->
<p><span class="style1">Demonstration des Konzepts </span><br>
<br>
Auf der folgenden Seite erfolgt eine tabellarische Darstellung der letzten &uuml;bertragenen, und somit aktuellen Messwerte,
der digitalen und analogen Eing&auml;nge des TO-PASS - Moduls. Der letzte &Uuml;bertragene Wert beginnt bei &quot;1&quot;
auf der x-Achse! </p>
<p>F&uuml;r erneuten Abruf der Seite bitte <a href = "uebersicht-demo.php"> hier</a> dr&uuml;cken. </p><p><table
width="520" border="1">
<tr>
<td width="200" bgcolor="#CCCCCC"><strong>Simulation</strong></td>
<td width="50" bgcolor="#CCCCCC">&nbsp;&nbsp;&nbsp;</td>
<td bgcolor="#333333" width="20"><span class="style2"></span></td> </tr>
<tr><td>TO-PASS - ID</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['ID']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td> </tr>
<tr><td>PA</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['PA']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Time</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['TI']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D1</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['D1']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D2</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['D2']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D3</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['D3']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D4</td>
<td><? echo $datensatz_gprs['D2']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D5 - Deaktiviert</td>
<td> --- </td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D6 - Deaktiviert</td>
<td> --- </td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D7 - Deaktiviert</td>
<td> --- </td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Digital - Eingang - D8 - Deaktiviert</td>
<td> --- </td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Analog - Eingang 1 </td>
<td><? echo $datensatz_gprs['A1']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Analog - Eingang 2 </td>
<td><? echo $datensatz_gprs['A2']; ?></td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Analog - Eingang 3 - Deaktiviert</td>
<td> ---</td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr> <td>Analog - Eingang 4 - Deaktiviert</td>
<td> ---</td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
<tr><td>Analog - Eingang 5 - Deaktiviert</td>
<td> ---</td>
<td bgcolor="#333333"><span class="style2"></span></td></tr>
```


Anhang

```
<!--***** -->
<!--***** HTML und PHP – Code für die Webpage "statistik-demo.html" ***** -->
<!--***** Paier Michael ***** TU – Wien ***** September 2007 ***** -->
<!--***** -->
<html>
  <head>
    <title>Diplomarbeit von Michael Paier</title>
  </head>
  <script>
    <!--
    function BlurLinks(){
      Inks=document.getElementsByTagName('a');
      for(i=0;i<Inks.length;i++){
        Inks[i].onfocus=new Function("if(this.blur)this.blur()");
      }
    }
    onload=BlurLinks;
  </script>
  <link rel="stylesheet" href="css/format.css" type="text/css">

  <script language="JavaScript">
  <!--
  /* Grafiken für mouseover*/
  bild01= new Image();
  bild01.src = "images/back.gif";
  bild02= new Image();
  bild02.src = "images/back_over.gif";
  bild03= new Image();
  bild03.src = "images/top.gif";
  bild04= new Image();
  bild04.src = "images/top_over.gif";
  </script>
  <link rel="stylesheet" href="css/datumstyle01.css" type="text/css">
  <script src="css/datumuhr.js" type="text/javascript"></script>
  <style type="text/css">
  <!--
  .style1 {
    font-size: 14pt;
    font-weight: bold;
  }
  -->
</style>
</head>
<body onload="window.setTimeout ('datumuhr()',1000);" >

<table border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%" >
  <tr>
    <td style="border:solid 1px black">
<table bgcolor="#ffffff" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%" >
  <tr><td>
    <table border="0" cellpadding="0" cellspacing="1" width="100%">
      <tr>
        <td height="22" background="images/a1b.gif" class="rub" bgcolor="#eaeaea" >&nbsp;  Diplomarbeit von
Michael Paier </td></tr>
      <tr><td bgcolor="#ffffff" height="82" style="border-top:solid 1px #BFBFBF;border-bottom:solid 1px #BFBFBF" > &nbsp;   </td></tr>
      <tr>
        <td height="22" width="100%" background="images/a2b.gif" bgcolor="#eaeaea"align="right" ><table
cellspacing="0" cellpadding="0" border="0" width="100%" align="right" ><tr>
          <td align="right" width="100%" ><form name="anzeige"><input size=10 name="date" class="datum"
></form></td><td>&nbsp;  </td><td><form name="anzeige2" ><input type="text" name="time" size="10" class="zeit"
></form></td><td>&nbsp;  </td></tr>
        </table></td></tr>
      </table>
    </td></tr><tr>
    <td valign="top" style="border:solid 1px black" ><!-- hauptbereich menü und inhalt-->
<table bgcolor="#ffffff" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%" >
<tr><td>
```

Anhang

```
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="1" width="100%">
  <tr><td valign="top" height="870" bgcolor="#bcbcff"><!-- menüs-->
<table bgcolor="black" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" >
  <tr><td valign="top" style="border-left:solid 0px black;border-right:solid 0px black;border-bottom:solid 1px white" >
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" id="menu1" >
  <tr><td bgcolor="#4E6F81" class="rub" height="21" background="images/a1b.gif" >&nbsp;&nbsp;&nbsp;Allgemeine
Informationen </td></tr>
  <tr><td><a href="diplomarbeit.html" >&raquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;Die Diplomarbeit </a></td></tr>
  <tr><td><a href="konzept.html" >&raquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;Konzept </a></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>
<table bgcolor="black" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" >
  <tr><td valign="top" style="border-left:solid 0px black;border-right:solid 0px black;border-bottom:solid 1px #bcbcbc" >
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" id="menu1" >
  <tr><td bgcolor="#e0e0e0" class="rub" height="22" background="images/a1b.gif" >&nbsp;&nbsp;&nbsp;Aktuelle
Messwerte - Wohnung </td></tr>
  <tr><td><a href="uebersicht.php" >&raquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;Aktuelle &Uuml;bersicht </a></td>
</tr>
</table>
</td></tr>
</table>
<table bgcolor="black" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" >
  <tr><td valign="top" style="border-left:solid 0px black;border-right:solid 0px black;border-bottom:solid 1px #bcbcbc">
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" id="menu1" >
  <tr><td bgcolor="#e0e0e0" class="rub" height="22" background="images/a1b.gif" >Demonstration</td></tr>
  <tr><td background="images/back_button.jpg" ><a href="uebersicht-demo.php"
&raquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&Uuml;bersicht</a></td></tr>
  <tr><td background="images/back_button.jpg"><a href="statistik-demo.html"
&raquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;Langzeitbeobachtungen</a></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table><!-- ende menü 3-->
<!-- menü 4-->
<table bgcolor="black" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" >
  <tr><td valign="top" style="border-left:solid 0px black;border-right:solid 0px black;border-bottom:solid 1px #bcbcbc">
</td></tr>
</table>
</td><td width="100%" valign="top" style="border-left:solid 1px black;">
<table bgcolor="#000000" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%" >
<tr>
<td valign="top" height="100%">
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%">
<tr>
<td colspan="3" bgcolor="#e0e0e0" class="rub" height="22" style="border-bottom:solid 1px #bfbfbf;"
background="images/a1b.gif" >&nbsp;&nbsp;&nbsp;<a href="index.html">Startseite</a> \ &Uuml;bersicht</td></tr>
<tr>
<td colspan="3" bgcolor="#ffffff"></td>
</tr><tr>
<td bgcolor="#ffffff"></td><td width="100%"
valign="top" bgcolor="#ffffff" height="870">
<!-- inhalt-->
<p><span class="style1">Demonstration des Konzepts </span><br>
<br>
Auf der folgenden Seite erfolgt eine grafische Darstellung der letzten 20 gemessenen Messwerte, der digitalen und analogen
Eing&auml;nge des TO-PASS - Moduls</p>
<!--****Aufruf der Zeichenfunktion der Kurven**** -->
<p>Digitale Eing&auml;nge:</p>
<br>

<br>
<p>Analoger Eingang 1:</p>
<p>&nbsp;&nbsp;&nbsp;</p>

<p>Analoger Eingang 2:</p>
<p>&nbsp;&nbsp;&nbsp;</p>

```

Anhang

```
<p> <br>
</td>
      <td bgcolor="#ffffff"></td></tr>
      <tr>
        <td align="right" colspan="3" bgcolor="#e0e0e0" class="rub" height="22" style="border-top:solid 1px
#bfbfbf;" background="images/a2b.gif" ><table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%">
          <tr>
            <td align="right" ><a href="javascript:history.go(-1);"
onMouseOver="b.src='images/back_over.gif';window.status='&nbsp;.: Zur&uuml;ck'; return true"
onMouseOut="b.src='images/back.gif';window.status=""></a><a href="#"
onMouseOver="t.src='images/top_over.gif';window.status='&nbsp;.: Nach oben'; return true"
onMouseOut="t.src='images/top.gif';window.status=""></a></td>
          </tr>
        </table>
      </td></tr>
    </table>
  </td></tr>
<!-- ende haupt-->
</td></tr>
<tr>
<td style="border:solid 1px black">

<!-- fuss -->
<table bgcolor="#ffffff" border="0" cellpadding="0" cellspacing="0" width="100%" >
  <tr>
    <td ><table border="0" cellpadding="0" cellspacing="1" width="100%">
      <tr>
        <td valign="bottom" align="center" height="22" background="images/a1b.gif" class="rub"
bgcolor="#e0e0e0" ><span style="font-size: 8pt;color:#808080">.&nbsp;&nbsp;&nbsp;</span><span style="font-size:
8pt;color:#808080">Michael Paier - TU - Wien - Institut f&uuml;r Automation - 2008 </span><span style="font-size:
8pt;color:#808080">&nbsp;&nbsp;&nbsp;</span></td></tr>
        <tr>
          <td bgcolor="#ffffff" style="border-top:solid 1px #BFBFBF;border-bottom:solid 1px #BFBFBF" ></td></tr>
        <tr>
          <td height="22" width="100%" background="images/a2b.gif" bgcolor="#e0e0e0" align="center" class="rub"
><span style="font-size: 7pt;color:#5F5F5F">&nbsp;&nbsp;&nbsp;www.ihre-webseite-url.de&nbsp;&nbsp;&nbsp;</span></td>
        </tr>
      </table>
    </td></tr>
  </table>
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>
</body>
</html>
```

Anhang

```
<!--***** PHP – Code zum Zeichnen der Kurve Digitale Eingänge "digital1.php" ***** -->
<!--***** Paier Michael ***** TU – Wien ***** September 2007 ***** -->
<!--***** -->
<?php
    // Zugriffsstring für Datenbank
    $link = mysql_connect( "maxdata.auto.tuwien.ac.at", "paier", "r2H3yPhGO2M=" );

    if ( !$link )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung mit Server nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte keine Verbindung aufbauen";
        die;
    }

    // Zugriff auf Datenbank
    if ( !mysql_select_db("paier") )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte nicht die Datenbank auswahl: " . mysql_error();
        die;
    }

// *** Datenbankabfrage -----
    // Sortiert die letzten 20 Werte nach Zeit und schreibt sie in result_gprs
    $query = "SELECT * FROM `gprs` ORDER by TI DESC Limit 20";
    $result_gprs = mysql_query( $query);
// *** Definiere Datentypen für Grafik
    $i=0;
    $TI_array = array();
    $D1_array = array();
    $D2_array = array();
    $D3_array = array();
    $D4_array = array();

// *** Schleife liest Datensätze Zeilenweise aus und schreibt sie in Arrays
for($i=0; $i<= 20; $i++)
{ $datensatz_gprs = mysql_fetch_assoc( $result_gprs);
    // Speichern der Daten in Array
    $TI_temp = $datensatz_gprs['TI'];
    $D1_temp = $datensatz_gprs['D1'];
    $D2_temp = $datensatz_gprs['D2'];
    $D3_temp = $datensatz_gprs['D3'];
    $D4_temp = $datensatz_gprs['D4'];
    settype($TI_temp,"float");
    settype($D1_temp,"float");
    settype($D2_temp,"float");
    settype($D3_temp,"float");
    settype($D4_temp,"float");
    // Formatierung für Grafikzeichnung
    $TI_array[$i] = $TI_temp;
    $D1_array[$i] = $D1_temp;
    $D2_array[$i] = $D2_temp;
    $D3_array[$i] = $D3_temp;
    $D4_array[$i] = $D4_temp;
}
// Grafikzeichnung -----
// 4 Kurven werden gezeichnet -----

// *** Include Open-Source-Plugin
include('phplot.php');

// *** Definiere Grafikobject
$graph =& new PHPlot(500,300);

// *** Parameter setzen
$graph->SetTitle("Grafik der letzten 20 Messwerte");
$graph->SetXTitle('Time');
```

Anhang

```
$graph->SetTitle('Werte');
$graph->SetDataType('data-data');
$graph->SetXTickPos("none");
// *** Datenarray beschreiben
$grafik_data = array(
    array('0',0,$D1_array[0],$D2_array[0],$D3_array[0],$D4_array[0]),
    array('1',1,$D1_array[1],$D2_array[1],$D3_array[1],$D4_array[1]),
    array('2',2,$D1_array[2],$D2_array[2],$D3_array[2],$D4_array[2]),
    array('3',3,$D1_array[3],$D2_array[3],$D3_array[3],$D4_array[3]),
    array('4',4,$D1_array[4],$D2_array[4],$D3_array[4],$D4_array[4]),
    array('5',5,$D1_array[5],$D2_array[5],$D3_array[5],$D4_array[5]),
    array('6',6,$D1_array[6],$D2_array[6],$D3_array[6],$D4_array[6]),
    array('7',7,$D1_array[7],$D2_array[7],$D3_array[7],$D4_array[7]),
    array('8',8,$D1_array[8],$D2_array[8],$D3_array[8],$D4_array[8]),
    array('9',9,$D1_array[9],$D2_array[9],$D3_array[9],$D4_array[9]),
    array('10',10,$D1_array[10],$D2_array[10],$D3_array[10],$D4_array[10]),
    array('11',11,$D1_array[11],$D2_array[11],$D3_array[11],$D4_array[11]),
    array('12',12,$D1_array[12],$D2_array[12],$D3_array[12],$D4_array[12]),
    array('13',13,$D1_array[13],$D2_array[13],$D3_array[13],$D4_array[13]),
    array('14',14,$D1_array[14],$D2_array[14],$D3_array[14],$D4_array[14]),
    array('15',15,$D1_array[15],$D2_array[15],$D3_array[15],$D4_array[15]),
    array('16',16,$D1_array[16],$D2_array[16],$D3_array[16],$D4_array[16]),
    array('17',17,$D1_array[17],$D2_array[17],$D3_array[17],$D4_array[17]),
    array('18',18,$D1_array[18],$D2_array[18],$D3_array[18],$D4_array[18]),
    array('19',19,$D1_array[19],$D2_array[19],$D3_array[19],$D4_array[19]),
    array('20',20,$D1_array[20],$D2_array[20],$D3_array[20],$D4_array[20])
);
$graph->SetDataValues($grafik_data);
// *** Zeichnet
$graph->DrawGraph();
?>
```

Anhang

```
<!--***** PHP – Code zum Zeichnen der Kurve Analoge Eingänge "analog1.php" ***** -->
<!--***** Paier Michael ***** TU – Wien ***** September 2007 ***** -->
<!--***** -->
<?php
    // Zugriffsstring für Datenbank
    $link = mysql_connect( "maxdata.auto.tuwien.ac.at", "paier", "r2H3yPhGO2M=" );

    if ( ! $link )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung mit Server nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte keine Verbindung aufbauen";
        die;
    }

    // Zugriff auf Datenbank
    if ( ! mysql_select_db("paier") )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte nicht die Datenbank auswahl: " . mysql_error();
        die;
    }

    // *** Datenbankabfrage -----
    // Sortiert die letzten 20 Werte nach Zeit und schreibt sie in result_gprs
    $query = "SELECT * FROM `gprs` ORDER by TI DESC Limit 20";
    $result_gprs = mysql_query( $query);
    // Definiere Datentypen für Grafik
    $i=0;
    $TI_array = array();
    $A1_array = array();

    // Schleife liest Datensätze Zeilenweise aus und schreibt sie in arrays
    for($i=0; $i<= 20; $i++)
    { $datensatz_gprs = mysql_fetch_assoc( $result_gprs);
        // Speichern der Daten in Array
        $TI_temp = $datensatz_gprs['TI'];
        $A1_temp = $datensatz_gprs['A1'];
        settype($TI_temp,"float");
        settype($A1_temp,"float");

        // Formatierung für Grafikzeichnung
        $TI_array[$i] = $TI_temp;
        $A1_array[$i] = $A1_temp;
    }
    // Grafikzeichnung -----
    //Include the code
    include('phplot.php');

    //Define the object
    $graph =& new PHPPlot(500,300);

    //Set titles
    $graph->SetTitle("Grafik der letzten 20 Messwerte");
    $graph->SetTitle("Time");
    $graph->SetTitle("Werte");
    $graph->SetDataType('data-data');
    $graph->SetXTickPos("none");

    //Define some data
    $grafik_data = array(
        array('0',0,$A1_array[0]),
        array('1',1,$A1_array[1]),
        array('2',2,$A1_array[2]),
        array('3',3,$A1_array[3]),
        array('4',4,$A1_array[4]),
        array('5',5,$A1_array[5]),
        array('6',6,$A1_array[6]),
```

Anhang

```
array('7',7,$A1_array[7]),  
array('8',8,$A1_array[8]),  
array('9',9,$A1_array[9]),  
array('10',10,$A1_array[10]),  
array('11',11,$A1_array[11]),  
array('12',12,$A1_array[12]),  
array('13',13,$A1_array[13]),  
array('14',14,$A1_array[14]),  
array('15',15,$A1_array[15]),  
array('16',16,$A1_array[16]),  
array('17',17,$A1_array[17]),  
array('18',18,$A1_array[18]),  
array('19',19,$A1_array[19]),  
array('20',20,$A1_array[20])  
  
);  
$graph->SetDataValues($grafik_data);  
// *** Zeichnet  
$graph->DrawGraph();  
?>
```

Anhang

```
<!--***** PHP – Code zum Zeichnen der Kurve Analoge Eingänge "analog2.php" ***** -->
<!--***** Paier Michael ***** TU – Wien ***** September 2007 ***** -->
<!--***** -->
<?php
    // Zugriffsstring für Datenbank
    $link = mysql_connect( "maxdata.auto.tuwien.ac.at", "paier", "r2H3yPhGO2M=" );

    if ( ! $link )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung mit Server nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte keine Verbindung aufbauen";
        die;
    }

    // Zugriff auf Datenbank
    if ( ! mysql_select_db("paier") )
    {
        // Rückmeldung falls Verbindung nicht aufgebaut werden konnte
        echo "Konnte nicht die Datenbank auswahl: " . mysql_error();
        die;
    }

// *** Datenbankabfrage -----
// Sortiert die letzten 20 Werte nach Zeit und schreibt sie in result_gprs
    $query = "SELECT * FROM `gprs` ORDER by TI DESC Limit 20";
    $result_gprs = mysql_query( $query);
// Definiere Datentypen für Grafik
    $i=0;
    $TI_array = array();
    $A2_array = array();

// Schleife liest Datensätze Zeilenweise aus und schreibt sie in arrays
for($i=0; $i<= 20; $i++)
{ $datensatz_gprs = mysql_fetch_assoc( $result_gprs);
    // Speichern der Daten in Array
    $TI_temp = $datensatz_gprs['TI'];
    $A2_temp = $datensatz_gprs['A2'];
    settype($TI_temp,"float");
    settype($A2_temp,"float");

    // Formatierung für Grafikzeichnung
    $TI_array[$i] = $TI_temp;
    $A2_array[$i] = $A2_temp;
}
// Grafikzeichnung -----
//Include the code
include('phplot.php');

//Define the object
$graph =& new PHPPlot(500,300);

//Set titles
$graph->SetTitle("Grafik der letzten 20 Messwerte");
$graph->SetTitle("Time");
$graph->SetTitle("Werte");
$graph->SetDataType('data-data');
$graph->SetXTickPos("none");

//Define some data
$grafik_data = array(
    array('0',0,$A2_array[0]),
    array('1',1,$A2_array[1]),
    array('2',2,$A2_array[2]),
    array('3',3,$A2_array[3]),
    array('4',4,$A2_array[4]),
    array('5',5,$A2_array[5]),
    array('6',6,$A2_array[6]),
```

Anhang

```
array('7',7,$A2_array[7]),  
array('8',8,$A2_array[8]),  
array('9',9,$A2_array[9]),  
array('10',10,$A2_array[10]),  
array('11',11,$A2_array[11]),  
array('12',12,$A2_array[12]),  
array('13',13,$A2_array[13]),  
array('14',14,$A2_array[14]),  
array('15',15,$A2_array[15]),  
array('16',16,$A2_array[16]),  
array('17',17,$A2_array[17]),  
array('18',18,$A2_array[18]),  
array('19',19,$A2_array[19]),  
array('20',20,$A2_array[20])  
  
);  
$graph->SetDataValues($grafik_data);  
// *** Zeichnet  
$graph->DrawGraph();  
?>
```