



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# Anwendungen 1

Alexander Pautz

Analyse von Feldbussystemen in Hinblick  
auf Ambient Intelligence

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Motivation . . . . .	5
1.2 Zielsetzung . . . . .	5
1.3 Definition eines Feldbusses . . . . .	6
<b>2 Kategorisierungskriterien</b>	<b>7</b>
2.1 Kategorisierung anhand des OSI-Modells . . . . .	7
2.1.1 Physical Layer . . . . .	7
2.1.2 Data Link Layer . . . . .	8
2.1.3 Network Layer . . . . .	9
2.1.4 Transport bis Applikation Layer . . . . .	9
2.2 Kriterien abseits des OSI-Modells . . . . .	9
2.2.1 Komplexität . . . . .	10
2.2.2 Verteilung der Intelligenz . . . . .	10
<b>3 Kategorisierte Feldbusse</b>	<b>11</b>
3.1 Untersuchte Feldbusse . . . . .	11
3.1.1 ARCNET . . . . .	12
3.1.2 BACnet - Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks . . . . .	12
3.1.3 CAN – Controller Area Network . . . . .	12
3.1.4 EtherCAT . . . . .	12
3.1.5 I2C – Inter IC . . . . .	12
3.1.6 KNX / (EIB - Europäischer Installationsbus) . . . . .	13
3.1.7 LON – Local Area Network . . . . .	13
3.1.8 PROFIBUS – Process Field Bus / PROFINET – Process Field Network . . . . .	13
<b>4 Kategorisierung der untersuchten Feldbusse</b>	<b>14</b>
4.1 Zusammengefasste Kriterien . . . . .	14
4.1.1 Skalierbarkeit . . . . .	14
4.1.2 Fehlersicherheit / -toleranz . . . . .	14
4.1.3 Konnektivität . . . . .	14
4.2 Ergebnis der Kategorisierung . . . . .	15
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>16</b>



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Netzwerktopologien [1] . . . . .	8
3.1	Feldbuslogos[1] . . . . .	11
4.1	Kategorisierungsergebnis . . . . .	15

# 1 Einleitung

Eine kurze Einleitung soll die Motivation und Zielsetzung dieser Ausarbeitung aufzeigen.

## 1.1 Motivation

Seit einigen Jahrzehnten steigt der Grad der digitalen Vernetzung immer weiter an. Diese Vernetzung nimmt auch in Gebäuden und der eigenen Wohnung stetig zu. Mehrere untereinander verbundene PCs in einem Haushalt sind heute keine Seltenheit mehr. Auch die fernsteuerbare Kaffeemaschine ist technisch schon lange möglich. Welche Vernetzung in der eigenen Wohnung möglich und wie viel Vernetzung sinnvoll ist, soll an der HAW Hamburg an einer eigens dafür eingerichteten Wohnung erforscht werden. Diese Wohnung oder besser dieses Labor an der HAW trägt den Namen „Living Place Hamburg“.

Damit einzelne (Teil-)Projekte innerhalb der Wohnung mit einander kommunizieren können, müssen sie miteinander vernetzt werden. Um die Vernetzung einheitlich und leicht erweiterbar zu halten, muss eine zentrale Vernetzungsarchitektur gewählt werden. Es ist nicht das erste mal, das Komponenten digitaler Systeme mit einander vernetzt werden sollen. Vor allem aus der Industrie und dem Automobilbereich sind solche Ansätze bekannt und als Feldbus definiert.

## 1.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit sollen bestehende Feldbusse analysiert und anhand bestimmter Rahmenbedingungen kategorisiert werden. Bei der Analyse geht es nicht darum einen oder mehrere bestimmte Feldbusse für die Verwendung auszuwählen. Die Auswahl eines Busses ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht abschließend möglich, da der Anforderungskatalog an einen Feldbus für das Labor parallel zu dieser Arbeit erfolgt. Er wird von Benedikt Johannsen unter dem Titel "Anforderungsanalyse von Feldbussystemen in Hinblick auf den Einsatz in Ambient Intelligence" erstellt.

## 1.3 Definition eines Feldbusses

Als ersten Schritt muss der Begriff "Feldbus" definiert werden. Die Webseite [www.servotechnik.de](http://www.servotechnik.de) definiert einen Feldbus wie folgt.

"Im allgemeinen leitungsgebundenes Kommunikationssystem, das Steuerungsgeräte, Sensoren und Aktoren mit einander verbindet und dem schnellen Datenaustausch zwischen diesen Komponenten dient. Feldbusse sind in verschiedenen physikalischen Ausführungen und verschiedenen Übertragungsprotokollen realisiert. Einige Feldbusse sind durch internationale Normen standardisiert." [SERVOTECHNIK.DE]

Diese Definition wird auch in dieser Arbeit für den Begriff "Feldbus" verwendet.

## 2 Kategorisierungskriterien

Um die verschiedenen auf dem Markt existierenden Feldbusse besser vergleichen zu können, werden zunächst einige Kategorisierungskriterien festgelegt. Die Kriterien lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Es handelt sich dabei zum einem um technische Aspekte, welche im OSI-Modell vorhanden sind. Zum anderem gibt es nicht technische Aspekte abseits des ISO-Modells.

### 2.1 Kategorisierung anhand des OSI-Modells

Im folgenden sind Kriterien zu den einzelnen Schichten des OSI-Modells aufgeschlüsselt.

#### 2.1.1 Physical Layer

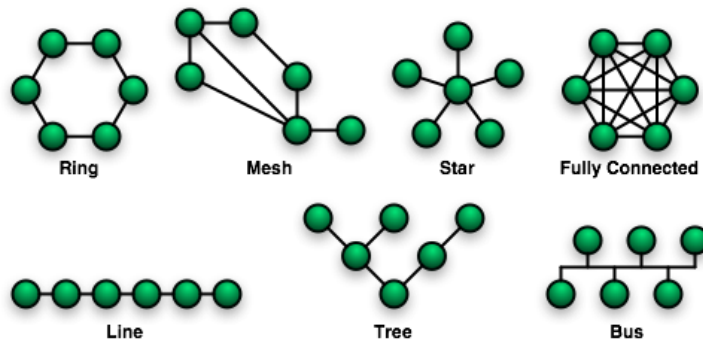
Als erstes und eines der wichtigsten Kriterien steht die Wahl des Übertragungsmediums an. Im Allgemeinen stehen Funkverbindungen, optische Übertragungsverfahren und Kabelgebundene Busse zur Auswahl.

Funkverbindungen sind zu vermeiden, da es innerhalb der Wohnung voraussichtlich viel Funkkommunikation abseits des zentralen Busses geben wird und die frei nutzbaren Frequenzen schnell belegt sind.

Optische Übertragungen ähnlich einer Infrarotfernbedienung sind zu Störanfällig, da sie leicht unbeabsichtig durch die Bewohner oder Einrichtung blockiert werden können. Übertragungen per Glasfaser bieten eine Alternative zu herkömmlichen Kabeln. Glasfaserkabel brechen jedoch leicht. Optische Kabel aus Kunststoff sind Biegsamer bieten aber kaum Reichweitenvorteile gegenüber Kupferkabeln. Zudem sind Glasfaserkabel im Vergleich zu Kupferkabeln sehr teuer.

Es bleibt die Datenübertragung per Kabel. Auf Grund eines vorhandenen Doppelbodens lassen sich Kabel leicht verlegen. Für neue Projekte können schnell neue Kabel verlegt werden oder nicht mehr benötigte Datenkabel entfernt werden.

Durch die physikalischen Vorgaben des Kabel ergeben sich die möglichen Netzwerktopologien. Die folgende Abbildung (Abb. 2.1) zeigt die am häufigsten vorkommenden Bustopologien.



**Abbildung 2.1:** Netzwerktopologien [1]

Von besonderem Interesse sind dabei Stern, Bus, Linie und Baum, da diese am häufigsten vorkommen. Stern und Bus lassen sich am einfachsten verlegen. Eine Baumverkabelung bietet gute logische Gliederungsmöglichkeiten. Eine busartige Verkabelung mit sehr kurzen Stichleitungen kann als Linie angesehen werden. Diese Art der Verkabelung ist technisch bedingt am häufigsten anzutreffen.

## 2.1.2 Data Link Layer

Eine wichtige Aufgabe, welche oft im Data Link Layer behandelt wird ist die Fehlererkennung. Die am häufigsten verwendeten Verfahren sind Parity Bits und Cyclic Redundancy Checks (CRC). In sehr sicherheitskritischen Anwendungen kann durch andere Verfahren wie der Hamming Codierung eine Hammingdistanz von drei und mehr erreicht werden, um damit Fehler nicht nur erkennen, sondern auch korrigieren zu können.

Eine andere wichtige Aufgabe, des Data Link Layer ist, regelt den Zugriff auf das physikalische Übertragungsmedium. Ein Zugriff auf das Übertragungsmedium sollte Möglichst kollisionsfrei erfolgen. Um Kollisionen zu vermeiden gibt es unterschiedliche Verfahren.

### 2.1.2.1 Token

Eine sehr einfache Möglichkeit bieten Verfahren die mit einem sogenannten Token („Sprechstein“) arbeiten. Nur wer den Token hat darf etwas auf den Bus schreiben. Wenn man keine Daten mehr zum Übertragen hat, muss man den Token weitergeben. Dieses Verfahren kann zu langen Reaktionszeiten führen.

<sup>1</sup>Wikimedia Foundation Inc. [2006]



### 2.1.2.2 Time Triggered

Jeder Teilnehmer darf hierbei nur zu einem bestimmten Zeitpunkt etwas auf den Bus schreiben. Wichtig dabei ist, dass die Zeit zwischen den einzelnen Teilnehmern immer synchron gehalten wird. Das Reaktionsverhalten des Busses ist fest definiert.

### 2.1.2.3 CSMA - Carrier Sense Multiple Access

Dieses Verfahren ist in verschiedene Unterverfahren aufgeteilt, welche unterschiedlich gut arbeiten. Dazu gehören Kollisionsvermeidung (CSMA/CA - Collision Avoidance), Kollisionserkennung (CSMA/CD – Collision Detection) und Kollisionsauflösung (CSMA/CR – Collision Resolution). Die Reaktionszeiten von diesen Verfahren kann nicht genau vorher gesagt werden. CSMA/CR arbeitet mit Prioritäten, somit können wichtige Nachrichten höher priorisiert werden und die Wahrscheinlichkeit, dass die Reaktionszeit solcher Nachrichten sehr schnell ist steigt.

### 2.1.3 Network Layer

Ein Großteil der Infrastrukturverwaltung eines Busses findet auf dem Network Layer statt. Für die Kategorisierung ist auf dieser Ebene die Routbarkeit von Interesse. Ein durch Gateways erweiterbarer oder durch Virtuelle Netze verknüpfbarer Bus bringt mehr Flexibilität.

### 2.1.4 Transport bis Applikation Layer

Das OSI-Modell definiert sieben Schichten. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Feldbusse alle sieben Schichten definieren. Bei einigen Bussen sind nur die untersten drei Schichten definiert. Des Weiteren unterscheiden sich die Feldbusse, welche die oberen Schichten implementiert haben sehr stark, so dass ein Vergleich jeder einzelnen Schicht hier kaum mehr möglich ist. Aus diesem Grund werden der Transport bis Applikation Layer bei der Analyse zusammengefasst. Ganz allgemein lässt sich die Ausrichtung eines Busses – wie z.B.: Gebäudeautomatisierung, Automobil-Bus, Sicherheitsrelevanter Feldbus – feststellen. Damit hängen oftmals auch die Art und Anzahl vordefinierter Nachrichtentypen zusammen. Nicht zuletzt sollte auch der Overhead und die damit verbundene Nutzdatenrate als wichtiges Kriterium genannt werden.

## 2.2 Kriterien abseits des OSI-Modells

Bei der Auswahl eines Feldbusses müssen neben den technischen Voraussetzung noch weitere Bedingungen erfüllt sein.

### 2.2.1 Komplexität

Ein wichtiges Kriterium ist die Komplexität eines Busses. Diese kann zum Großteil am OSI-Modell abgelesen werden. Es gibt aber auch andere Eigenschaften, welche für die Komplexität eines Busses verantwortlich sind. Dazu gehören der Aufwand bei der Installation. Wie strikt muss bei der Installation auf korrekte Kabelführung geachtet werden. Wie schwer oder einfach lassen sich fertig gekaufte Sensoren und Aktoren für den Betrieb konfigurieren.

Der Aufwand bei der Rekonfiguration sollte möglichst gering sein. Es stellt sich vor allem die Frage, wie leicht lassen sich Sensoren und Aktoren umkonfigurieren - aber auch nachkalibrieren - falls dies nötig ist.

Bei der Wohnung handelt es sich um ein Labor an einer Hochschule. Es wird zahlreiche Eigenentwicklungen neben kaufbaren Lösungen geben. Der Arbeitsaufwand für Eigenentwicklungen darf nicht außer Acht gelassen werden.

### 2.2.2 Verteilung der Intelligenz

Mit der Verteilung der Intelligenz ist vor allem der Ort der Datenaufbereitung gemeint. Dezentrale Intelligenz sorgt meist für weniger und besser aufbereiteten Nachrichten. Dem gegenüber ist ein zentrales System einfacher zu warten und konfigurieren, da die Datenverarbeitung nur an einem Ort statt findet.

Grundsätzlich können an jedem Feldbus intelligente Sensoren und Aktoren verwendet werden, jedoch unterstützen einige Feldbusse eine dezentrale Intelligenz auf Grund ihrer Struktur und ihrer Schnittstellenbausteine besser als andere.

Verfügbarkeit von technischen Informationen für Forschung und Lehre

Wie bereits mehrfach erwähnt handelt es sich bei der Wohnung um ein Labor einer Hochschule. Es ist gewünscht, dass die Spezifikation des verwendeten Feldbusses für Forschungszwecke und eigene Entwicklungen verfügbar ist.

## 3 Kategorisierte Feldbusse

In diesem Kapitel werden die untersuchten Feldbusse kurz vorgestellt und danach anhand der bereits vorgestellten Kategorien bewertet.

### 3.1 Untersuchte Feldbusse

Die folgende Abbildung 3.1 zeigt die Logos aller näher untersuchten Feldbusse. Darüber hinaus wurden noch weitere Feldbusse betrachtet, jedoch hat sich bei allen hier nicht abgebildeten Feldbussen sehr schnell gezeigt, dass sie aus unterschiedlichen Gründen für die Vernetzung einer Wohnung ungeeignet sind. Auf diese Feldbusse soll hier nicht weiter eingegangen werden.



Abbildung 3.1: Feldbuslogos[1]

<sup>1</sup>Die Nachweise zu den einzelnen Logos befinden sich im Anhang

### **3.1.1 ARCNET**

ARCNET wurde in den USA von der Firma Datapoint für den Office LAN Bereich entwickelt. Auf Grund der starken Verbreitung des Ethernets wird ARCNET mittlerweile fast ausschließlich für Steuerungsaufgaben eingesetzt. Beim Arcnet handelt es sich um einen verhältnismässig simplen Feldbus, auf Tokenbasis. Sein Vorteil liegt in den vielen frei verfügbaren Informationen. Nachteilig wirken sich eine geringe Anzahl von maximal 255 Teilnehmern und eine geringe Verbreitung aus.

### **3.1.2 BACnet - Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks**

Wie der Name es bereits sagt handelt es sich bei BACnet um einen Bus für die Gebäudeautomatisierung. Das Ziel von BACnet war es einen Hersteller unabhängigen Standard zu entwickeln. BAC ist seit 1995 ANSI normiert und seit Anfang 2003 eine ISO-Norm. Trotz des Zieles Herstellerunabhängig zu sein, ist die BACnet-Norm nur gegen eine Gebühr erhältlich. Da das Protokoll für diese Arbeit nicht vor liegt, kann die Kategorisierung von BACnet nur eingeschränkt vorgenommen werden.

### **3.1.3 CAN – Controller Area Network**

Die Firma Bosch entwickelte CAN Mitte der 1980er Jahre. CAN ist vor allem aus dem Automobil bereich bekannt, wird aber zunehmend auch für die Steuerung anderer industrieller Anlagen eingesetzt. Das CAN Protokoll ist frei verfügbar und in seiner Komplexität noch relativ überschaubar. Es sind viel CAN-Controller verfügbar. Nachteilig könnte sich vor allem die geringe Reichweite von CAN auswirken.

### **3.1.4 EtherCAT**

Mit der Veröffentlichung im Jahr 2003 ist EtherCAT einer der jüngsten derzeit verfügbaren Feldbusse. EtherCAT zeichnet sich vor allem durch seine Echtzeitfähigkeit und seinen extrem hohen Zykluszeiten aus. Anders als bei anderen Ethernet basierenden Feldbussen versendet EtherCAT keinen ganzen Frame für eine Nachricht eines Teilnehmers. Viel mehr ähnelt das Prinzip dem Interbus, bei dem jeder Teilnehmer seine Nachrichten in einen bestehenden Datenstrom schreibt, während dieser ihn durchläuft.

### **3.1.5 I2C – Inter IC**

Beim „Inter IC“-Bus oder auch „I2C“Bus handelt es sich um eine Entwicklung von Philips aus den 1980er Jahren. Der Bus wurde nicht für die Kommunikation über große Distanzen entwickelt, sondern für die Kommunikation zwischen („inter“) ICs auf

einer Platine oder innerhalb eines Gerätes. Auch wenn bereits vor der genaueren Untersuchung des Busses fest steht, dass er kaum sinnvoll als Feldbus eingesetzt werden kann, könnte sich seine nähere Betrachtung trotzdem als nützlich erweisen, da es für diesen Bus viele günstige und einfach nutzbare Sensoren erhältlich sind. Diese Sensoren könnten später kostengünstig über Gateways an den eigentlichen Feldbus angeschlossen werden.

### **3.1.6 KNX / (EIB - Europäischer Installationsbus)**

Die KNX Association wurde 1999 von verschiedenen europäischen Firmen gegründet. Ziel war es einen international erfolgreichen Feldbus für Gebäudeautomatisierung zu entwickeln. Der KNX Feldbus ist dabei eine Weiterentwicklung des EIB. Der KNX Bus unterliegt wie vielen anderen Gebäudeautomatisierungsfeldbussen einer Lizenzgebühr. Dies führt auch beim KNX dazu, dass er nur schwer kategorisierbar ist.

### **3.1.7 LON – Local Area Network**

LON wurde Anfang der 1990er Jahre von der Echelon Co. für Gebäudeautomatisierung entwickelt. Der Feldbus wurde Ende 2008 zu einem ISO-Standard. Auf Grund hoher Lizenzkosten und der erst vor einem Jahr erfolgten Normierung sind zu diesem Bus nur wenige freie Informationen verfügbar, so dass die Kategorisierung des LON sich sehr schwierig gestaltet.

### **3.1.8 PROFIBUS – Process Field Bus / PROFINET – Process Field Network**

Der Profibus ist ein Ende der 1980er Jahre in Deutschland entwickelter Feldbus. Es gibt mehrere Versionen des Profibusses, von denen fast nur noch die PROFIBUS-DP Variante eingesetzt wird. Beim Profibus handelt es sich um einen Tokenbasiertes Bussystem. Das Profinet ist eine zum Profibus abwärtskompatible Entwicklung, welche auf dem Ethernet basiert.

## 4 Kategorisierung der untersuchten Feldbusse

Obwohl viele der Untersuchten Feldbusse speziell für Gebäudeautomation entwickelt wurden, haben sie dennoch teilweise stark von einander abweichende Eigenschaften. Um die Feldbusse möglichst einfach vergleichen zu können, werden für die vorgestellten Kategorisierungskriterien (vgl. Kapitel 2) Schulnoten vergeben.

### 4.1 Zusammengefasste Kriterien

Zur besseren Übersicht sind einige der bereits vorgestellten Kriterien zusammen gefasst.

#### 4.1.1 Skalierbarkeit

Die Skalierbarkeit setzt sich aus der maximalen Übertragungstrecke, welche vom physical Layer abhängig ist und aus der maximalen Anzahl an Teilnehmern zusammen. Die Teilnehmer sind zum einen durch Physikalische Eigenschaften der Transceiver Bausteine, der Möglichkeit von Repeatern (physical Layer), Switches (Data Link Layer) und der Größe des Adressraums (Network Layer) abhängig.

#### 4.1.2 Fehlersicherheit / -toleranz

Diese beiden Eigenschaften geben an, wie störanfällig ein Übertragungsmedium ist (Physical Layer) und welche Möglichkeiten zur Fehlererkennung bzw. Fehlerkorrektur bestehen. Zu den Möglichkeiten der Fehlererkennung zählen die Möglichkeiten der Kollisionsverhütung und die Checksummen. Für die Fehlerkorrektur ist die Hammingdistanz und die Möglichkeit des Busses Daten erneut zu senden wichtig.

#### 4.1.3 Konnektivität

Konnektivität beschreibt die Möglichkeit des Busses verschiedene Physikalische Übertragungsmedien zu verwenden aber auch die Verfügbarkeit der Technologien, welche zur Übertragung genutzt werden.

## 4.2 Ergebnis der Kategorisierung

Die folgende Abbildung 4.1 zeigt das Ergebnis der Kategorisierung. Keiner der Busse ist den anderen stark überlegen.

Bus	Skalierbarkeit	Fehlersicherheit / -toleranz	Reaktionsge- schwindigkeit	Datenrate	Konnektivität	Dezentrale Intelli- genz	Komplexität	Verfügbarkeit
I2C	4	4 <sup>-*</sup>	4	3	2	-	1	1
CAN	3	2	1	3-	2	-	2	2
ARCNET	4	2	3	2	3	X	2	4
PROFIBUS	3	2	3	3-	2	„X“	3	2
PROFINET	1	2 <sup>**</sup>	2+	1	1	?	4 <sup>**</sup>	3
LON	3	2	1-	4	2	X	?	2
KNX/EIB	1-	2	2+	1/4 <sup>***</sup>	1	?	3-	1
BACNET	1	?	2+	1	1	?	4 <sup>**</sup>	1
EtherCAT	2	2	1	1-	2	-	3-	1

Abbildung 4.1: Kategorisierungsergebnis

Es zeigt sich, dass Feldbusse, welche für Gebäudeautomation entwickelt wurden und nicht auf Ethernet basieren nur geringe Datenübertragungsraten bieten. Da diese geringen Bandbreiten auch den Anforderungen des Labor genügen ist unwahrscheinlich. Andere nicht auf Ethernet basierende Feldbusse wie zum Beispiel CAN haben meist eine geringe Skalierbarkeit, da sie entweder in ihrer maximalen Kabellänge oder in der Teilnehmerzahl stark eingeschränkt sind. Da es sich bei der Wohnung um ein Forschungslabor handelt, sollte der eingesetzte Bus genügend Kapazitäten für Erweiterungen bereit stellen. Eine auf Ethernet basierende Lösung scheint zunächst einmal als geeignet, da sie genügend Teilnehmer erlaubt und sehr hohe Bandbreiten bietet.

<sup>1\*</sup> Der Bus besitzt keine Möglichkeit Fehler zu erkennen. Fehlererkennung ist dem Anwendungsentwickler überlassen.

<sup>2\*\*</sup> Das Protokoll des Busses ist nicht komplett bekannt, die Bewertung erfolgt nur Anhand der bekannten Aspekte und einer Einschätzung wie die unbekanntenen Aspekte aufgebaut sein müssten.

<sup>3\*\*\*</sup> Es gibt unterschiedliche physikalische Übertragungsmedien, die getrennt bewertet wurden.

<sup>4?</sup> - Auf Grund Mangels Protokollspezifikationen ist keine Aussage möglich.

<sup>5X</sup> - Die Transceivermodule des Busses unterstützen aktiv die Verteilung der Intelligenz.

<sup>6-</sup> - Der Bus unterstützt dezentrale Intelligenz nicht aktiv.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die in Kapitel 2 aufgestellten Kriterien wurden genutzt um verschiedene Feldbusse (vgl. Kapitel 3.1) zu analysieren und kategorisieren. Es hat sich gezeigt (vgl. Kapitel 4), dass sich kein Bus von den anderen absetzen konnte. Ebenfalls stellte sich heraus, dass Gebäudeautomatisierungsbusse ohne Ethernet meist nur wenig Datendurchsatz bieten.

Bei Überlegungen abseits dieser Ausarbeitung zeichnen sich ebenfalls Tendenzen in Richtung Ethernet als Backbone ab. Derzeit ist die wahrscheinlichste Lösung ein Ethernetbackbone mit zwei bis drei Feldbussen. Zwei dieser Busse sind bereits vorgegeben. Die Lichtinstallation wird nach derzeitigem Stand der Planung über KNX erfolgen. Die Firma D+H-Mechatronic AG stellt diverse Komponenten zur Installation in der Wohnung bereit, welche über das von D+H Mechatronic entwickelte AD-COM-NET verfügen. Ob es einen dritten Feldbus innerhalb der Wohnung geben wird, hängt vom Bedarf<sup>1</sup> und der Leistungsfähigkeit der beiden anderen Feldbusse ab. Im Besonderen für KNX gilt, dass die genauen Spezifikationen erforderlich sind.

---

<sup>1</sup>vgl. AW1 von Benedikt Johannsen - "Anforderungsanalyse von Feldbussystemen in Hinblick auf den Einsatz in Ambient Intelligence"



# Literaturverzeichnis

- [ARCNET Trade Association 2009] ARCNET TRADE ASSOCIATION ; ARCNET TRADE ASSOCIATION (Hrsg.): *ARCNET Trade Association*. 2009. – URL <http://www.arcnet.com/images/ARCNET%20Connected.gif>. – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [ARCNET USer Group e.V. 1998] ARCNET USER GROUP E.V. ; ARCNET USER GROUP E.V. (Hrsg.): *Was ist ARCNET ?* 1998. – URL <http://www.arcnet.de/blog/arcnet/arcnet-feldbus/>. – Zugriffsdatum: 22.11.2009
- [ASI Controls 2007] ASI CONTROLS ; ASI CONTROLS (Hrsg.): *ASI Controls*. 2007. – URL [http://www.asicontrols.com/img/BACnet\\_logo.jpg](http://www.asicontrols.com/img/BACnet_logo.jpg). – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [automation.com 2009] AUTOMATION.COM ; AUTOMATION.COM (Hrsg.): *automation.com*. 2009. – URL [http://www.automation.com/images/news/2005/December/EtherCAT\\_logo\\_\(300\\_x\\_107\).jpg](http://www.automation.com/images/news/2005/December/EtherCAT_logo_(300_x_107).jpg). – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [BACnet Interest Group Europe e.V. 2009] BACNET INTEREST GROUP EUROPE E.V. ; BACNET INTEREST GROUP EUROPE E.V. (Hrsg.): *Über BACnet*. 2009. – URL <http://www.big-eu.org/bacnet/index.php>. – Zugriffsdatum: 22.11.2009
- [CAN in Automation e.V. 2009a] CAN IN AUTOMATION E.V. ; CAN IN AUTOMATION E.V. (Hrsg.): *CAN physical layer*. 2009. – URL <http://www.can-cia.org/index.php?id=517>. – Zugriffsdatum: 08.11.2009
- [CAN in Automation e.V. 2009b] CAN IN AUTOMATION E.V. ; CAN IN AUTOMATION E.V. (Hrsg.): *CAN protocol*. 2009. – URL <http://www.can-cia.org/index.php?id=518>. – Zugriffsdatum: 08.11.2009
- [Delta Controls Germany Ltd. 2009] DELTA CONTROLS GERMANY LTD. ; DELTA CONTROLS GERMANY LTD. (Hrsg.): *BACnet*. 2009. – URL [http://deltacontrols.de/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=11&id=25&Itemid=48&lang=de](http://deltacontrols.de/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=11&id=25&Itemid=48&lang=de). – Zugriffsdatum: 22.11.2009
- [EtherCAT Technology Group 2009] ETHERCAT TECHNOLOGY GROUP ; ETHERCAT TECHNOLOGY GROUP (Hrsg.): *EtherCAT - the Ethernet Fieldbus*. 2009. – URL <http://www.ethercat.org/en/technology.html>. – Zugriffsdatum: 02.12.2009
- [LonMark Schweiz 2009] LONMARK SCHWEIZ ; LONMARK SCHWEIZ (Hrsg.): *Die LonWorks-Technologie*. 2009. – URL <http://www.lonmark.ch/technologie.html>. – Zugriffsdatum: 22.11.2009
- [NXP Semiconductors 2007] NXP SEMICONDUCTORS ; NXP SEMICONDUCTORS (Hrsg.): *I2C-bus specification and user manual*. 2007. – URL [http://www.nxp.com/acrobat\\_download/usermanuals/UM10204\\_3.pdf](http://www.nxp.com/acrobat_download/usermanuals/UM10204_3.pdf). – Zugriffsdatum: 22.11.2009

- [Phoenix Contact 1997] PHOENIX CONTACT (Hrsg.): *Grundkurs Sensor/Aktor-Feldbustechnik*. Würzburg Vogel Verlag, 1997. – ISBN 3-8023-1708-4
- [PI Support Center 2009] PI SUPPORT CENTER ; PI SUPPORT CENTER (Hrsg.): *A RICH, POWERFUL ETHERNET SOLUTION FOR AUTOMATION*. 2009. – URL <http://www.profibus.com/technology/profinet/>. – Zugriffsdatum: 02.12.2009
- [Platter Gottfried KG 2009] PLATTER GOTTFRIED KG ; PLATTER GOTTFRIED KG (Hrsg.): *Platter Gottfried KG*. 2009. – URL <http://www.el-platter.it/images/KNX.jpg>. – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [Ralf Goedicke 2004] RALF GOEDICKE ; RALF GOEDICKE (Hrsg.): *Ihr Dienstleister für Feldbussysteme*. 2004. – URL <http://www.profibus-goedicke.de/>. – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [servotechnik.de 2009] SERVOTECHNIK.DE ; SERVOTECHNIK.DE (Hrsg.): *Glossar Antriebstechnik*. 2009. – URL [http://www.servotechnik.de/fachwissen/glossare/glos\\_antriebe.htm#Feldbus](http://www.servotechnik.de/fachwissen/glossare/glos_antriebe.htm#Feldbus). – Zugriffsdatum: 28.11.2009
- [TROX GmbH 2008] TROX GMBH ; TROX GMBH (Hrsg.): *TROX GmbH*. 2008. – URL [http://www.trox.de/xpool/images/products/automation/logo\\_lonmark\\_deutschland.jpg](http://www.trox.de/xpool/images/products/automation/logo_lonmark_deutschland.jpg). – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [WebMediaBrands Inc. 2004] WEBMEDIABRANDS INC. ; WEBMEDIABRANDS INC. (Hrsg.): *i2c Bus logo | Best Brands of the World*. 2004. – URL <http://www.brandsoftheworld.com/search/122220921/20977.html>. – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [Wikimedia Foundation Inc. 2006] WIKIMEDIA FOUNDATION INC. ; WIKIMEDIA FOUNDATION INC. (Hrsg.): *Datei:NetworkTopologies.png*. 2006. – URL <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:NetworkTopologies.png&filetimestamp=20060319195859>. – Zugriffsdatum: 28.11.2009
- [Wikimedia Foundation Inc. 2007] WIKIMEDIA FOUNDATION INC. ; WIKIMEDIA FOUNDATION INC. (Hrsg.): *Datei:Logo Profibus.svg*. 2007. – URL [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Logo\\_Profibus.svg&filetimestamp=20071114143256](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Logo_Profibus.svg&filetimestamp=20071114143256). – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [Wikimedia Foundation Inc. 2009a] WIKIMEDIA FOUNDATION INC. ; WIKIMEDIA FOUNDATION INC. (Hrsg.): *Datei:Can.svg*. 2009. – URL <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Can.svg&filetimestamp=20090126013132>. – Zugriffsdatum: 30.11.2009
- [Wikimedia Foundation Inc. 2009b] WIKIMEDIA FOUNDATION INC. ; WIKIMEDIA FOUNDATION INC. (Hrsg.): *Europäischer Installationsbus*. 2009. – URL [http://de.wikipedia.org/wiki/Europäischer\\_Installationsbus](http://de.wikipedia.org/wiki/Europäischer_Installationsbus). – Zugriffsdatum: 02.12.2009