



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Master Seminar

Alexander Pautz

Kabelloses Sensornetzwerk im Living Place
Hamburg

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
1 Einleitung	4
1.1 Zielsetzung der Masterthesis	4
2 Rückblick Projekt 1, AW 1 und 2	5
2.1 Projekt 1	5
2.2 Anwendungen 1	6
2.3 Anwendungen 2	7
3 Motivation	8
4 Zielsetzung der Masterarbeit	9
4.1 Einfache Anwendung	9
4.2 Physikalische Anforderungen	9
4.3 Geringer Wartungsaufwand	10
5 Vergleichbare Arbeiten	11
5.1 SomSed	11
6 Idee des Aufbau	13
7 Vorarbeiten in Projekt 2	14
7.1 Analyse von SomSed	14
7.2 Wahl des Funkstandards	14
8 Herausforderungen und Risiken	15
8.1 Laufzeit vs. Baugröße	15
8.2 Einbindungsmöglichkeit neuer Sensortypen	15
9 Zusammenfassung	16
Literaturverzeichnis	17

Abbildungsverzeichnis

2.1	Oberlich mit eingebautem Motor	6
2.2	Geöffneter Doppelboden	6
5.1	SomSed Logo [TUHH, 2010]	11
5.2	SomSed auf dem Campus der TUHH [Eichmann, 2009]	11
5.3	SomSed Knoten im Einsatz [TUHH, 2008b] und ohne Gehäuse [TUHH, 2008a]	12
6.1	Schematische Darstellung des Aufbau	13

1 Einleitung

Nachdem einige Arbeiten (siehe dazu [Rückblick Projekt 1](#), [AW 1](#) und [2](#)) im Umfeld des Living Place Hamburg statt gefunden haben, wird nun eine These für die anstehende Masterarbeit erstellt. Der Kern der Arbeit ist die Entwicklung eines kabellosen Sensornetzwerk. Dabei versorgen die Sensoren den Living Place Hamburg mit Messwerten und bilden so einen Teil des Fundaments auf dem andere Projekte im Living Place Hamburg aufbauen können.

1.1 Zielsetzung der Masterthesis

Ziel dieser Ausarbeitung ist die Erstellung der Masterthese, in der das Umfeld der Masterarbeit aufgezeigt und die zu erreichenden Ziele festgesetzt werden. Unter anderem wird darauf eingegangen, welche Punkte noch vor der Masterarbeit abgearbeitet werden müssen und welche Risiken während der Umsetzung entstehen können.

2 Rückblick Projekt 1, AW 1 und 2

Bevor das Ziel der Masterarbeit erklärt wird, soll kurz auf die bisher erbrachten Leistungen aus dem ersten Projekt¹ und den beiden Seminarvorträgen Anwendungen 1 und 2 eingegangen werden (siehe Pautz [2010a], Pautz [2010b]).

2.1 Projekt 1

Bereits Projekt 1 lief im Rahmen des Living Place Hamburg ab. Die gestellte Aufgabe war die Ansteuerung von Fenstermotoren und Heizungsventilen der D+H Mechatronic AG. Die Steuerungsmöglichkeiten und die Informationen über den aktuellen Status sollten über einen Active MQ Server zugänglich gemacht werden. Die Motoren sollten an alle Oberlichter des Living Place Hamburg montiert werden.

Das Protokoll der Fenstermotoren setzt auf RS485. Es wurde eigentlich zur Synchronisation mehrerer Fenstermotoren, welche zusammen ein großes Fenster bedienen, entwickelt und besitzt Echtzeitanforderungen. Dies musste bei der Entwicklung der Software berücksichtigt werden. Weiterhin sind die einzelnen Busse der Fenster nicht zusammenlegbar, so dass für jedes Fenster eine eigene Steuereinheit bereit gestellt werden muss.

Im Living Place Hamburg sind nun 10 individuell ansteuerbare Fenstermotoren verbaut, welche von zwei Intel Atom basierenden PCs mit real-time Linux gesteuert werden. Dabei laufen auf jedem PC 5 Instanzen eines selbst entwickelten Programmes, welche je ein Fenster mit Echtzeit Priorität ansteuern. Ein weiteres Programm bündelt die einzelnen Fenster und bildet eine einheitliche Schnittstelle zum Active MQ Server des Living Place Hamburg.

Die Heizungen werden von einem sehr ähnlich aufgebautem Programm gesteuert. Echtzeit Prioritäten bestehen hier zwar nicht, jedoch waren zusätzliche Platinen zu entwickeln, welche die Steuerinformationen des PCs in Schaltsignale umwandeln. Die Steuerung wird ebenfalls von einem der beiden PCs erledigt.

¹Teile der Arbeit aus Projekt 1 unterliegen einer NDA, weshalb der Bericht nicht mit veröffentlicht werden kann.

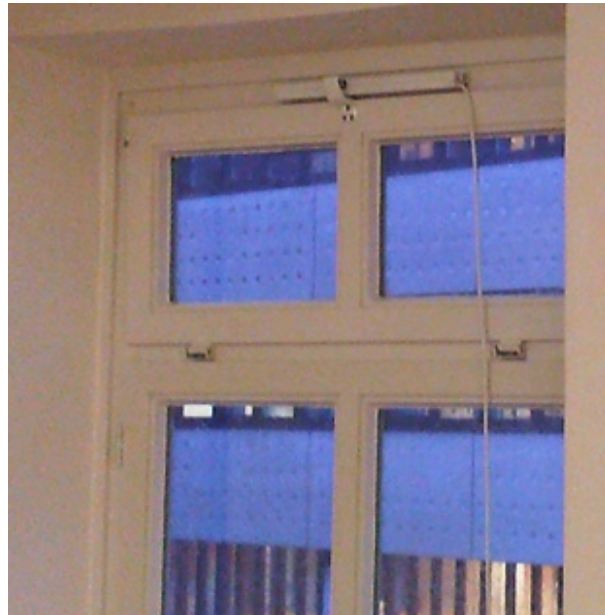


Abbildung 2.1: Oberlicht mit eingebautem Motor

Das oben stehende Foto (Abbildung 2.1) zeigt einen an einem Oberlicht verbauten Fenstermotor. Von diesem Motor und jedem der anderen neun führt ein Datenkabel in den Kontrollraum zu einem der beiden oben erwähnten PCs. Abbildung 2.2 zeigt den geöffneten Doppelboden am Tag des Einbaus. Zu diesem Projekt 1 gehören die grauen Datenleitungen und die die schwarz/roten Stromkabel. Insgesamt brachte diese Installation einen hohen Verkabelungsaufwand mit sich, auf den in der Motivation (siehe Kapitel 3) noch einmal genauer eingegangen werden soll.



Abbildung 2.2: Geöffneter Doppelboden

2.2 Anwendungen 1

Der erste Seminarvortrag aus Anwendungen 1 hatte den Titel "Analyse von Bussystemen und Infrastrukturen in Hinblick auf die Eignung für das Living Place Hamburg". Ziel war eine einheitliche Infrastruktur für den gesamten Living Place Hamburg zu finden.

Inzwischen hat sich jedoch heraus gestellt, dass das Ethernet als Infrastruktur und ein Active MQ Server als zentrale Komponente für den Datenaustausch genutzt wird (vgl. Kjell Otto [2010]). Auch wenn für die Masterarbeit voraussichtlich kein weiterer Nutzen aus diesem Seminarvortrag gezogen wird, so bietet er jedoch anderen eine gute Vorarbeit, wenn eine Infrastruktur gewählt werden muss, wo das Ethernet auf Grund seines Aufwandes oder seines Stromverbrauches nicht gewählt werden kann.

2.3 Anwendungen 2

Anwendungen 2 hatte die Aufgabe die Infrastruktur des Living Place Hamburg mit mehreren Gebäudeautomatisierungssysteme zu vergleichen. Auch wenn keines der vorgestellten Systeme im Living Place eingesetzt wird, wurden dennoch Eigenschaften aufgezeigt, welche ins Living Place Hamburg integriert werden können. Weiterhin wurden Fehler der Vergangenheit aufgezeigt und sehr einfache Möglichkeiten sie zu verhindern. Von den drei vorgestellten Automatisierungssystemen bietet vor allem BACnet vordefinierte Objekte an, welche eine einheitliche Modellierung ermöglichen, dieser Aspekt soll in der Masterarbeit nicht unbeachtet bleiben. Hierfür wird eine Abstimmung mit dem Studenten Benedikt Johannsen erfolgen, der sich in seiner Masterarbeit mit der Modellierung der Kommunikationsinfrastruktur des Living Place Hamburg beschäftigen wird (siehe Johannsen [2010]).

3 Motivation

Die Motivation der Masterarbeit leitet sich aus einer Reihe von Erfahrungen, welche im Laufe des Masterstudiums gesammelt wurden, ab. Dabei fließen vor allem die Erfahrungen aus Projekt 1 und Beobachtungen von anderen Projekten ein.

Bereits zu Beginn von Projekt 1 hat sich gezeigt, dass die zu entwickelnde Fensteransteuerung ein individuelles Projekt wird und kaum etwas für andere Projekte übernommen werden kann. Für viele Projekte im Living Place Hamburg gilt das gleiche wie für die Fensteransteuerung. Es sind individuelle Projekte. Das Gesamtbild des Living Place Hamburg wird daher nie so homogen werden wie eine industrielle Lösung (z.B. BACnet / vgl. [Pautz, 2010b, S. 12]). Ein homogene Struktur ist zwar nicht das grundlegende Ziel im Living Place, dennoch wird die Entwicklungsarbeit und spätere Wartbarkeit erleichtert, wenn viele Projekte das selbe Grundgerüst haben (vgl. Kap 2.3). Ein Teil dieses Grundgerüsts bildet die Kommunikationsinfrastruktur mit dem Active MQ Server im Zentrum. Das in der Masterarbeit zu entwickelnde Sensornetzwerk mit einer Vielzahl unterschiedlicher - aber immer gleich anzusprechender - Sensoren kann einen weiteren Teil des Grundgerüst vieler Projekte bilden.

Je umfangreicher das Grundgerüst ist, desto geringer wird der Entwicklungsaufwand für Projekte, die darauf aufbauen. Das Sensornetzwerk kann somit helfen die Entwicklungsarbeit vieler anderer Projekte zu reduzieren.

Wenn ein in einem Projekt benötigter Sensor nicht vorhanden ist, darf es nicht dazu kommen, dass sich der Entwicklungsaufwand eines Projektes drastisch erhöht. Die Sensorknoten müssen von Anfang an so entwickelt werden, dass eine spätere Integration neuer Sensortypen mit minimalen Aufwand möglich ist.

Es soll ein Kabelloses Sensornetzwerk entwickelt werden, um flexibler zu sein und im späteren Verlauf Arbeit zu ersparen. Die Verkablung der zehn Fenstermotoren aus Projekt 1 hat über zwei Tage in Anspruch genommen. Dieser Aufwand soll beim Sensornetzwerk vermieden werden, vor allem da eine weitaus höhere Sensoranzahl als zehn angepeilt wird. Auch ist es wünschenswert, dass die Sensoren verschoben werden können, falls sie am montierten Platz nicht die gewünschten Werte liefern.

4 Zielsetzung der Masterarbeit

Einige wichtige Ziele leiten sich direkt aus der Motivation ab. Andere Ziele sind wichtige Aspekte der meisten kabellosen Netzwerke.

4.1 Einfache Anwendung

Ein wichtiges Ziel ist die einheitliche Anbindung aller Sensoren an den Active MQ, um eine einheitliche Auswertung der Sensoren zu gewährleisten.

Dem Benutzer soll die Auswertung der Sensoren erleichtert werden. *Die Auslieferung von Rohdaten ist nicht erwünscht.* So sollen ad-gewandelte Daten eines Temperatursensors vor der Auslieferung in Grad Celsius umgerechnet werden. Eine weitere Verarbeitung der Daten ist jedoch nicht vorgesehen und obliegt dem jeweiligem Benutzer.

Wie bereits in der Motivation angesprochen, soll es möglich sein die Sensorknoten mit neuen Sensortypen auszustatten. Der Umfang der Softwareentwicklung für neue Sensoren soll so klein wie möglich gehalten werden. Die Hardware der Knoten muss so ausgelegt werden, dass der Einsatz neuer Sensoren ohne Hardwareänderungen möglich ist. *Die Hard- und Software der Sensorknoten muss so ausgelegt werden, dass sie leicht mit neuen Sensortypen umgehen kann.*

4.2 Physikalische Anforderungen

Neben der Benutzbarkeit durch den Anwender gibt es noch einige weitere Aspekte, die beachtet werden müssen. Ein Sensorknoten soll eine möglichst kompakte Bauform haben, um möglichst wenig aufzufallen. *Die Größe eines Knoten samt Stromversorgung soll kleiner sein als eine Zigarettenschachtel.* Ebenso soll eine versteckte Anbringung eines Sensorknoten abseits des eigentlichen Sensors möglich sein. *Es soll möglich sein den Sensor 50 cm und mehr vom eigentlichen Knoten abzusetzen.* Die Verbindung kann dann über ein dünnes unauffälliges Kabel erfolgen. Ein Knoten ließe sich damit in oder hinter einem Schrank verbauen, während der Sensor selbst außerhalb befestigt ist.

4.3 Geringer Wartungsaufwand

Durch die kabellose Verbindung wird der Installationsaufwand verringert. Diese Erleichterung soll nicht durch einen höheren Instandhaltungsaufwand erkauft werden. Ohne die Verwendung von Kabeln müssen die Knoten mit Batterien versorgt werden. Diese Batterien sollen möglichst lang halten. *Eine Laufzeit von mindestens einem halben Jahr bis weit über einem Jahr wird angepeilt.* Die Benutzung von Solarzellen zur Energiegewinnung scheidet aus, da ein verstecktes anbringen der Knoten möglich sein soll. Damit der Ausfall eines Knoten nicht unerwartet kommt, muss jeder Knoten seinen Stromverbrauch überwachen und *eine Meldung absetzen, wenn seine Batterien leer werden.*

5 Vergleichbare Arbeiten

Die Entwicklung eines drahtlosen Sensornetzwerkes ist keine neue Idee und so gibt es bereits ähnliche Netzwerke. Ein Projekt der TUHH soll hier vorgestellt werden.

Während der Diskussion am Ende des Vortrag viel das Stichwort "Smart Dust" - ein Forschungsprojekt der Universität Berkeley. Diese Sensorknoten sind kleiner als ein cm. Sie bedienen sich Techniken, welcher in dieser Masterarbeit nicht zur Verfügung stehen. Des weiteren erfolgt die Datenübertragung bei diesen Sensoren optisch. Ebenfalls ist ein Austausch der Sensoren bei dieser Baugröße nicht möglich. Auf einen genaueren Vergleich wird hier deshalb verzichtet.¹

5.1 SomSed



Abbildung 5.1: SomSed Logo [TUHH, 2010]

SomSed (Abb. 5.1) steht für "Selbstorganisierende mobile Sensor- und Datenfunknetze" und ist ein Forschungsprojekt an der Technischen Universität Hamburg Harburg (TUHH). Im Rahmen dieser Forschungen ist auf dem Campus der TUHH ein Sensornetzwerk entstanden. Die Abbildung 5.2 zeigt den Campus der TUHH mit den darauf eingezeichneten Sensorknoten. Die Stärke der Linien spiegelt die Verbindungsqualität zwischen zwei Knoten dar.

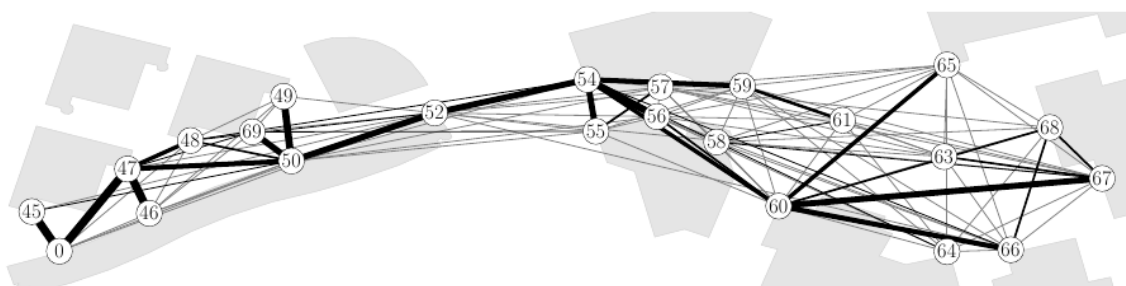


Abbildung 5.2: SomSed auf dem Campus der TUHH [Eichmann, 2009]

Auf den Fotos (Abb. 5.3) sieht man einen montierten Sensorknoten sowie das Innenleben eines Knoten. Für die Sensorknoten auf dem Campus der TUHH gibt es andere

¹Einen Einstieg zu den zahlreichen Publikationen in dem Bereich Smartdust bietet: <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/> (14.02.2011)

Anforderung. Die Knoten können deutlich größer sein als die in dieser Masterarbeit festgelegte Maximalgröße (vgl. Kap. 4.2), da eine versteckte Montage nicht nötig ist. Weiterhin verfügen diese Knoten über Solarpanels und arbeiten dadurch autark. Ein Solarpanel ist für die Knoten dieser Masterarbeit nicht sinnvoll, da eine versteckte Anbringung wünschenswert ist.

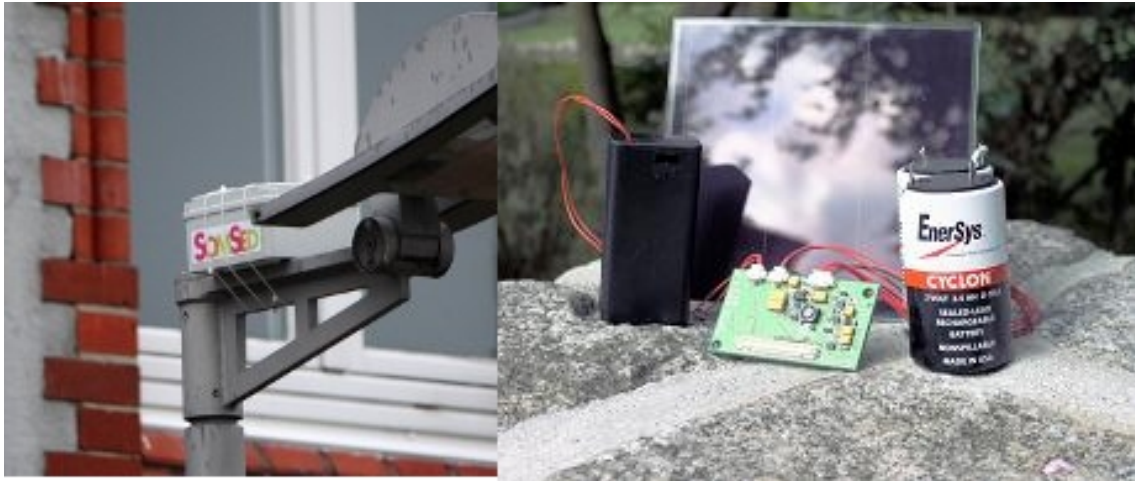


Abbildung 5.3: SomSed Knoten im Einsatz [TUHH, 2008b] und ohne Gehäuse [TUHH, 2008a]

6 Idee des Aufbau

Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es eine grobe Idee des Aufbau. Die hier gezeigten Eigenschaften gelten als fix und werden sich wahrscheinlich nicht mehr ändern.

Die derzeitige Idee des Aufbau sieht vor, dass alle Knoten des Netzwerkes gleich aufgebaut sind und nur jeweils der Sensor selbst der Aufgabe entsprechend gewählt wird. Dies ist nötig, um den Hardwareentwicklungsaufwand in Grenzen halten zu können.

Die Kommunikation wird per ZigBee oder 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN) erfolgen. (vgl. [Wahl des Funkstandards](#)). Beide Funkstandards setzen auf dem IEEE 802.15.4 Standard auf und sind sehr stromsparend. Ein eigener Funkstandard soll nicht implementiert werden, da dies zu viel Aufwand bringt und sich kein sichtbarer Nutzen daraus ableiten lässt.

Zur Erleichterung der Entwicklung wird auf den Knoten wahrscheinlich ein RTOS (real time operation system) eingesetzt.

Die Anbindung an den Active MQ wird über einen zusätzlichen PC erfolgen, der die Daten auf der Funkseite entgegen nimmt und über den Active MQ zur Verfügung stellt. Eventuell wird die Umrechnung der vom Sensor eingelesenen Daten in physikalische Einheiten erst auf diesem PC erfolgen, um auf den Knoten Rechenzeit und somit Energie zu sparen.

Die folgende Abbildung 6.1 zeigt das Konzept des aktuellen Aufbau. Oben rechts ist ein Sensorknoten dargestellt. Der Sensor selbst ist wie in den [Physikalische Anforderungen](#) gefordert vom Knoten abgesetzt. Der Knoten sendet seine Daten an einen PC, dabei unterstützen die zur Auswahl stehenden Funkstandards die Kommunikation über Router. Unten Links ist der PC, welcher die Anbindung an den Active MQ Server übernimmt und an weitere Empfänger (unten rechts) verteilt.

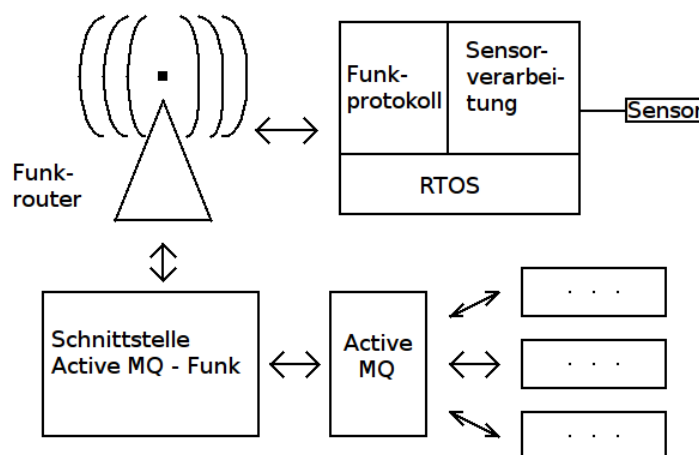


Abbildung 6.1: Schematische Darstellung des Aufbau

7 Vorarbeiten in Projekt 2

Projekt 2 soll zur Leistung einiger Vorarbeiten der Masterarbeit genutzt werden.

7.1 Analyse von SomSed

Bevor mit der Masterarbeit begonnen wird soll das in [Vergleichbare Arbeiten](#) vorgestellte [SomSed](#) analysiert werden. Es ist davon auszugehen, dass die Analyse von SomSed Erkenntnisse bringt, welche für den Aufbau eines eigenen Sensornetzwerkes genutzt werden können.

7.2 Wahl des Funkstandards

Für die Masterarbeit soll kein eigener Funkstandard entwickelt werden. Es soll ein frei verfügbarer Standard genutzt werden. Es gibt eine Reihe von Funkstandards, von denen ZigBee¹ und 6LoWPAN² (IPv6 over Low power WPAN) sehr stromsparend sind. Beide Funkstandards basieren auf IEEE 802.15.4.

In Projekt 2 soll geprüft werden, ob der Einsatz von 6LoWPAN für das Sensornetzwerk dieser Masterarbeit einen Vorteil gegenüber von ZigBee bringt.

¹ZigBee ist ein frei verfügbarer Funkstandard. Einen Einstieg bietet www.zigbee.org. Die Spezifikation ist unter ZigBee Alliance [2008] im Literaturverzeichnis angefügt.

²Idee der IETF Network Working Group wie er in der RFC4919 vorgeschlagen wurde. N. Kushalnagar [2007]

8 Herausforderungen und Risiken

Die Herausforderungen dieser Masterarbeit lassen sich in zwei Gruppen teilen, welche zugleich die größten Risiken darstellen.

8.1 Laufzeit vs. Baugröße

Es sollen Knoten entwickelt werden, welche bei einer möglichst kleinen Baugröße eine möglichst hohe Laufzeit bieten. Diese beiden Faktoren arbeiten jedoch gegeneinander, da mit zunehmender Baugröße die Batterien für die Stromversorgung vergrößert werden können. Entsprechend muss bereits die Hardware so aufgebaut sein, dass keine unnötige Energie verbraucht wird. Zusätzlich muss die Software so effizient wie möglich arbeiten, um möglichst viel Zeit im Energiesparmodus zu verbringen.

Das Risiko liegt nun darin, dass trotz größter Sorgfalt bei der Auswahl der Hardwarekomponenten und der Entwicklung der Hard- und Software zu viel Strom verbraucht wird und die Zielsetzung der Baugröße oder der Laufzeit nicht erfüllt wird.

8.2 Einbindungsmöglichkeit neuer Sensortypen

Nach Abschluss dieser Masterarbeit soll es möglich sein neue Sensoren einzubinden, ohne den gesamten Entwicklungsprozess erneut anzustoßen. Die Hardware muss eine Reihe von Protokollen unterstützen, wie sie zur Kommunikation zwischen ICs genutzt wird. Die Software muss so aufgebaut sein, dass auf sehr einfachem Weg neue Module eingebunden werden können.

Die Herausforderung besteht darin eine möglichst gute Kapselung zu erreichen und dem Benutzer neuer Sensor einen einfachen Weg zur Integration seines Sensors zu ermöglichen. Dem Gegenüber steht das Risiko, dass diese Kapselung zu komplex wird und zu viel Entwicklungszeit in Anspruch nimmt. Auf der anderen Seite besteht die Gefahr, dass der Benutzer zu tief in die Entwicklung einsteigen muss, um einen neuen Sensor integrieren zu können.

9 Zusammenfassung

Der Rahmen für die Masterarbeit wurde mit dieser Masterthese abgesteckt. Zur Entwicklung steht ein drahtloses Sensornetzwerk, welches speziell auf den Living Place Hamburg zugeschnitten ist. Die Besonderheit an diesem Netzwerk ist, dass es so aufgebaut sein wird, dass neue Sensoren noch nach der Fertigstellung der Masterarbeit ohne viel Aufwand hinzugefügt werden können. Diese Eigenschaft soll es ermöglichen das Netzwerk lang zeitig als einen Teil des Fundament für andere Projekte im Living Place Hamburg nutzen zu können.

Damit dieses Netzwerk erfolgreich eingesetzt werden kann, sind eine lange Laufzeit der Batterien (vgl. Kap. 4.3) und die bereits erwähnte leichte Erweiterbarkeit nötig (vgl. Kap. 4.1). Weniger für die direkte Einsatzmöglichkeit, als vielmehr für das Wohlbefinden der Test-Bewohner ist die Möglichkeit einer diskreten Aufstellung wichtig (vgl. Kap. 4.2). Beispiele für erfolgreiche aufgebaute Funknetzwerke wie zum Beispiel dem [SomSed](#) sind vorhanden.

Nach Abschluss der in Kapitel 7 aufgezeigten Vorarbeiten, kann diese Masterarbeit in Angriff genommen werden. Ca. sechs Monate später wird im Living Place Hamburg ein Sensornetzwerk seinen Dienst verrichten und andere Projekte mit Messergebnissen versorgen.

Literaturverzeichnis

- [Eichmann 2009] EICHMANN, J: SomSed - Analysis of an Experimental Wireless Sensor Network. In: *In Proceedings of the Workshop Selbstorganisierende Sensor- und Datenfunknetze*, October 2009
- [Johannsen 2010] JOHANNSEN, Benedikt: Generische, modelbasierte Kommunikationsinfrastruktur / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master10-11-seminar/johannsen/folien.pdf>, December 2010. – Forschungsbericht. Master Seminar Vortrag
- [Kjell Otto 2010] KJELL OTTO, Sören V.: Entwicklung einer Architektur für den Living Place Hamburg / HAW Hamburg. URL http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/otto_voskuhl.pdf, August 2010. – Forschungsbericht. Projekt 1 Bericht
- [N. Kushalnagar 2007] N. KUSHALNAGAR, C. S.: IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals / The Internet Engineering Task Force. URL <http://tools.ietf.org/html/rfc4919>. – Zugriffsdatum: 14.02.2011, August 2007. – Informational
- [Pautz 2009] PAUTZ, Alexander: Analyse von Feldbussystemen in Hinblick auf Ambient Intelligence / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-aw1/pautz/folien.pdf>, December 2009. – Forschungsbericht. Anwendungen 1 Vortrag
- [Pautz 2010a] PAUTZ, Alexander: Analyse von Feldbussystemen in Hinblick auf Ambient Intelligence / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-aw1/pautz/bericht.pdf>, January 2010. – Forschungsbericht. Anwendungen 1 Ausarbeitung
- [Pautz 2010b] PAUTZ, Alexander: Vermittlungsinfrastrukturen in komplexen Netzwerken / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-aw2/pautz/bericht.pdf>, June 2010. – Forschungsbericht. Anwendungen 2 Ausarbeitung
- [Pautz 2010c] PAUTZ, Alexander: Vermittlungsinfrastrukturen in komplexen Netzwerken / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-aw2/pautz/folien.pdf>, August 2010. – Forschungsbericht. Anwendungen 2 Vortrag
- [TUHH 2008a] TUHH ; TUHH (Hrsg.): *IRIS-Knoten mit Solarenergieversorgung*. 2008. – URL http://www.et2.tu-harburg.de/images/et8/Iris_Solar_Supply.jpg. – Zugriffsdatum: 31.01.2011

- [TUHH 2008b] TUHH ; TUHH (Hrsg.): *SOMSED Knoten im Einsatz*. 2008.
– URL <http://somsedaktiv.ti5.tu-harburg.de/~somsed/frontend2/nodepics/node00007.jpg>. – Zugriffsdatum: 31.01.2011
- [TUHH 2010] TUHH ; TUHH (Hrsg.): *SOMSED Logo*. 2010. – URL https://somsed.tu-harburg.de/_media/somsed.gif?cache=cache. – Zugriffsdatum: 25.11.2010. – Nicht mehr online (31.01.2011)
- [ZigBee Alliance 2008] ZigBee Alliance (Veranst.): *ZigBee Specification*. r18. January 2008. – Die Spezifikation kann über www.ZigBee.org angefordert werden