



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

# Anwendungen II-Ausarbeitung

Arno Davids

Vergleich von Projekten im Bereich Sensornetze  
unter Berücksichtigung des Rescue-Umfelds

Arno Davids

Vergleich von Projekten im Bereich Sensornetze  
unter Berücksichtigung des Rescue-Umfelds

Anwendungen II-Ausarbeitung eingereicht im Rahmen des Masterstudiums  
im Studiengang Informatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck

Abgegeben am 23. Februar 2007

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Rescue Szenario . . . . .	4
1.2	HAW Rescue-Projekt . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Current Work</b>	<b>7</b>
2.1	Smart Dust . . . . .	7
2.1.1	Bewertung . . . . .	9
2.2	intelligent Building Response (iBR) . . . . .	10
2.2.1	Bewertung . . . . .	11
2.3	FIRE (Fire Information and Rescue Equipment)-Project . . . . .	12
2.3.1	SmokeNet . . . . .	12
2.3.2	Bewertung . . . . .	14
2.4	wearIT@work . . . . .	14
2.4.1	Bewertung . . . . .	15
2.5	Weitere Projekte . . . . .	15
2.5.1	RUNES (Reconfigurable Ubiquitous Networked Embedded Systems) .	15
2.5.2	RELATE: Relative Positioning of Mobile Objects in Ad hoc Networks .	16
<b>3</b>	<b>Fazit</b>	<b>17</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>18</b>

# 1 Einleitung

In dieser Arbeit soll ein Überblick über Projekte gegeben werden, die sich mit dem Themenbereich drahtloser Sensornetze (Wireless Sensor Network) und Feuerwehr/Rescue beschäftigen. Diese Projekte sollen vorgestellt und auf Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede in Bezug auf das Rescue-Projekt an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) untersucht werden. Um die vorgestellten Projekte besser vergleichen zu können, soll als erstes über die Ziele und Ideen des Rescue-Projekts an der HAW berichtet werden.

## 1.1 Rescue Szenario

Die Grundlage des HAW Rescue-Projekts bildet das Szenario eines Desasters auf einer großen und komplexen Anlage wie beispielsweise dem Frankfurter Flughafen oder einer chemischen Fabrik. Innerhalb dieses Desasters kommt es zu Bränden, bei denen auch Gebäude betroffen sein können. Da es besonders bei Bränden innerhalb von Gebäuden zu vielen Gefahren für die Rettungskräfte kommt, sollen in dem Projekt Lösungen entwickelt werden, die die Feuerwehr bei ihrer Arbeit in diesem Bereich unterstützen und die Brandbekämpfung effizienter und sicherer für die Feuerwehrleute machen.

Es wird hier davon ausgegangen, dass auf dem betroffenen Gelände eine Werksfeuerwehr zum Einsatz kommt. Dies ist insofern wichtig, da Werksfeuerwehren in der Regel besser trainiert sind und über mehr finanzielle Mittel verfügen. Auch ist es in diesem Kontext besonders sinnvoll Hilfsmittel zu entwickeln, die die Rettungskräfte bei ihrer Arbeit unterstützen. Des weiteren wird durch das eng definierte Einsatzgebiet der Nutzen technischer Lösungen, beispielsweise die Installation von Sensoren innerhalb von Gebäuden, erhöht.

## 1.2 HAW Rescue-Projekt

Innerhalb des Projekts und auch in der daran anschließenden Masterarbeit, sollen Lösungen entwickelt werden, die die Rettungskräfte bei ihrer Arbeit unterstützen. Es sollen den Feuerwehrleuten vor Ort, aber besonders auch der Einsatzleitstelle zusätzliche Information und Daten zur Verfügung gestellt werden, damit Risiken für die Feuerwehrmänner minimiert

und die Brandbekämpfung besser organisiert und durchgeführt werden kann. Im Folgenden sollen die Ziele, die in meinem Teil des Projekts verfolgt werden, kurz vorgestellt werden. Für eine detailliertere Beschreibung sei auf [Davids \(2006\)](#) und [Davids \(2007\)](#) verwiesen. Die weiteren Bereiche des HAW Rescue-Projekts werden in [Piening \(2006\)](#), [Piening \(2007\)](#), [Hinck \(2006\)](#) und [Hinck \(2007\)](#) beschrieben.

Der von mir bearbeitete Teil des Projekts befasst sich erst einmal damit, Daten innerhalb eines Gebäudes zu erfassen und einen Austausch mit der Leitstelle zu ermöglichen. Es soll ein drahtloses Sensornetzwerk aufgebaut werden, um flächendeckend Temperaturwerte erfassen zu können. Dadurch sollen ein Feuer automatisch erkannt und an die Leitstelle gemeldet werden und die Ausdehnung des Brandes, sowie die Temperaturwerte in den einzelnen Bereichen des Gebäudes erfasst und auf einem Gebäudeplan in der Leitstelle dargestellt werden. Für die Realisierung des Sensornetzes kommen TelosB-Motes der Firma Crossbow<sup>1</sup> zum Einsatz.

Zusätzlich zu den fest eingebauten Sensorknoten, die beispielsweise in die bereits vorhandenen Rauchmelder integriert werden bzw. anstelle dieser montiert werden könnten, sollen auch die sich im Gebäude befindenden Feuerwehrmänner mit einem Sensor ausgestattet und somit Teil des Netzes werden. Ziel ist es z. B. durch die Überwachung der Vitaldaten die Feuerwehrleute besser zu schützen. Außerdem soll ihre Position im Gebäude erfasst werden, so dass im Leitstand ein besserer Überblick über die Situation innerhalb des Gebäudes möglich ist. Dadurch, dass der einzelne Feuerwehrmann mit Hilfe des an seinem Körper angebrachten Sensorknotens, Teil des Netzes ist, kann auch eine bidirektionale Datenübertragung zwischen Feuerwehrmann und Leitstand erfolgen, etwa um Bilder auf einem Head-Mounted-Display (HMD) des Feuerwehrmanns anzuzeigen oder Fotos von einer Helmkamera an den Leitstand zu senden.

Des weiteren sollen durch die Feuerwehrleute im Gebäude zusätzliche Sensoren im Gebäude ausgelegt werden. Diese können aus einem Behälter, der sich auf dem Rücken der Feuerwehrmänner befindet, automatisch in einem festgelegten Abstand herausfallen. Dadurch entsteht eine Sensorkette vom Eingang des Gebäudes bis zur aktuellen Position des Feuerwehrmanns. Mit Hilfe dieser Kette soll die Möglichkeit bestehen, eine Route zurück zum Ausgang zu berechnen, falls ein Feuerwehrmann den Rückweg nicht mehr findet, wodurch eine der häufigsten Todesursachen von Feuerwehrleuten bekämpft werden soll. Diese Route kann dann auf dem HMD des Feuerwehrmanns angezeigt werden. Es sollen darüber hinaus auch die Sensorketten anderer Feuerwehrleute, die sich ebenfalls im Gebäude befinden, genutzt werden, um alternative Route zu berechnen. Dies ist auch in der Hinsicht sinnvoll, da Routen durch den Einsturz eines Gebäudeteils oder durch die Ausbreitung des Feuers nicht mehr passierbar werden können.

---

<sup>1</sup><http://www.xbow.com/>

Ein weiterer Nutzen der Sensorkette entsteht dadurch, dass damit der Feuerwehrmann besser in das im Gebäude vorhandene stationäre Sensornetz eingebunden ist, d. h. es bestehen mehr Verbindungsmöglichkeiten zum Netz. So wird auch in Bereichen, in denen keine stationären Knoten vorhanden sind bzw. sie zerstört wurden, sichergestellt, dass eine Verbindung zur Leitstelle besteht. Außerdem wird durch diese zusätzlichen Sensoren die Knotendichte erhöht und damit die Netzqualität verbessert.

Weiterhin soll die Möglichkeit geschaffen werden, dass durch einzelne zentrale Sensorknoten, weitere Sensoren im Gebäude ausgebracht werden. Damit kann ein evtl. besonders wichtiger Bereich im Brandfall noch intensiver und genauer überwacht werden.

## 2 Current Work

In diesem Kapitel sollen nun einige, meiner Meinung nach maßgebliche Projekte im Themenbereich Sensornetze und Rescue vorgestellt werden und ein Vergleich zum HAW Rescue-Projekt gezogen werden.

### 2.1 Smart Dust

Das Smart Dust-Projekt wurde an der University of California at Berkeley mit Unterstützung der DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)<sup>1</sup> bereits im Jahr 1998 gestartet [Warneke u. a. (2001b)]. Es soll hier auch aus dem Grund erwähnt werden, da es so etwas wie der Ausgangspunkt war, für die Technologien die im Bereich Smart Dust und Sensornetzwerke entwickelt wurden. Auch der Begriff Smart Dust wurde durch dieses Projekt geprägt. Außerdem wurden in hier viele Technologien untersucht oder entwickelt, die auch heute noch von grundlegender Wichtigkeit sind.

Der Untertitel dieses Projekts – *Autonomous sensing and communication in a cubic millimeter* – weist bereits auf die Ziele dieses Projekts hin. So sollte zum einen eine Sensor- und Kommunikationsplattformen entwickelt und zum zweiten ein Sensornetz daraus aufgebaut werden. An die Sensorknoten wurden dabei einige Anforderungen gestellt. So sollen sie eine Größe von nur 1 mm<sup>3</sup> haben und möglichst kostengünstig herzustellen, so dass es möglich ist, so die Projektverantwortlichen, tausende davon ausbringen zu können. Des weiteren sollten möglichst viele unterschiedliche Sensortypen realisiert werden, die mindestens eine Recheneinheit, eine bi-direktionale Kommunikationseinheit und eine Stromquelle besitzen. Um diese Ziele zu erreichen waren weitreichende Fortschritte in den Bereichen Integration der verschiedenen Bauteile, Miniaturisierung und Energie-Management nötig (vgl. [Warneke u. a. (2002)]). In Abbildung 2.1 ist der konzeptionelle Aufbau eines Smart Dust-Sensorknotens dargestellt.

Eine Besonderheit dieses Projekts stellt die Art des Nachrichtenaustausches dar. Es wurde anstatt der Funkübertragung eine optische Kommunikation mit Hilfe von Laserstrahlen realisiert. Dies wird damit begründet, da durch die optische Kommunikation wesentlich weniger

---

<sup>1</sup>DARPA MEMS Programm - <http://www.darpa.mil/mto/mems/index.html>

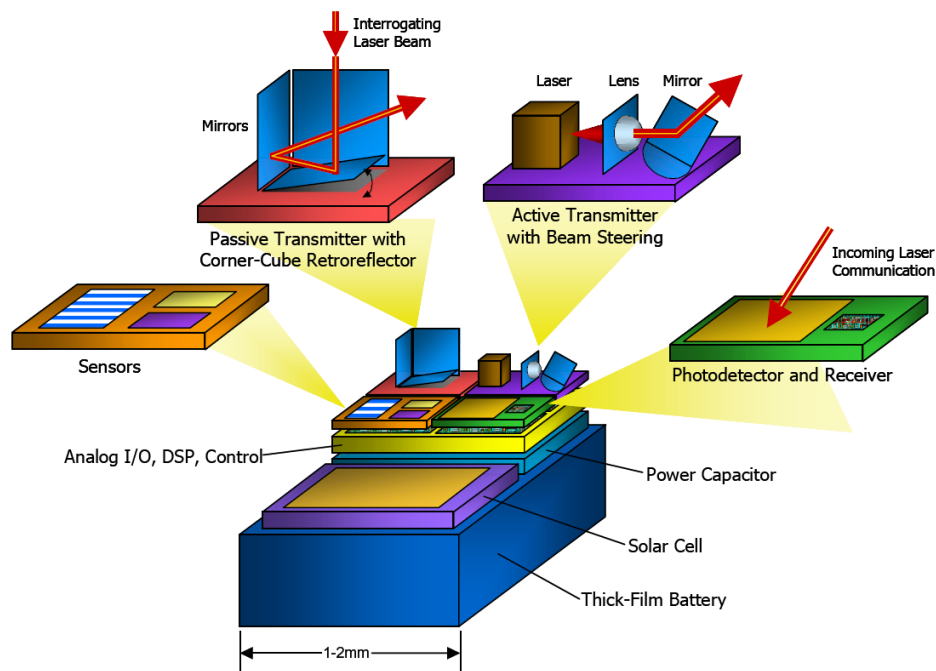


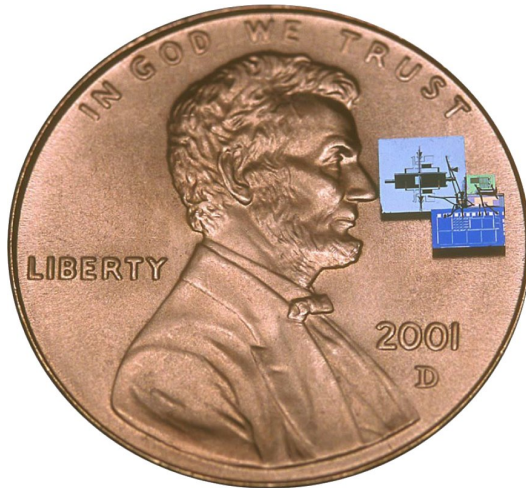
Abbildung 2.1: Smart Dust - konzeptionelle Aufbau einer Mote [Warneke u. a. (2002)]

Energie verbraucht wird, höhere Datenraten erzielt werden können und kleinere Strukturen möglich sind. Ein Nachteil der optische Kommunikation ist es, dass eine direkte Sichtverbindung und eine genau Ausrichtung des Laserstrahls zum Nachrichtenaustausch nötig ist. Zur Kommunikation wurden sowohl passive wie auch aktive Komponenten entwickelt. Motes, die das passive System zur Kommunikation nutzen, besitzen keine eigene Lichtquelle. Durch drei z. T. bewegliche Spiegel wird ein Laserstrahl, der auf den Sensorknoten gerichtet ist reflektiert (entspricht einer 1) oder eben nicht (entspricht einer 0). Durch dieses System als *Corner-Cube Retroreflector (CCR)* bezeichnet, ist es möglich ca. tausend Mal pro Sekunde zwischen den beiden Zuständen zu wechseln (siehe Abbildung 2.2). Ein Nachteil dieses Systems ist, dass damit keine Mote-zu-Mote Kommunikation möglich ist, sondern es wird eine zentrale Instanz benötigt, die die Kommunikation zu einem Sensorknoten initiiert. Aus diesem Grund wurde auch eine aktive Kommunikationskomponente realisiert. Dazu wurde ein Laser-Transmitter entwickelt, mit dem aktiv Nachrichten versendet werden können [vgl. Warneke u. a. (2001b)].

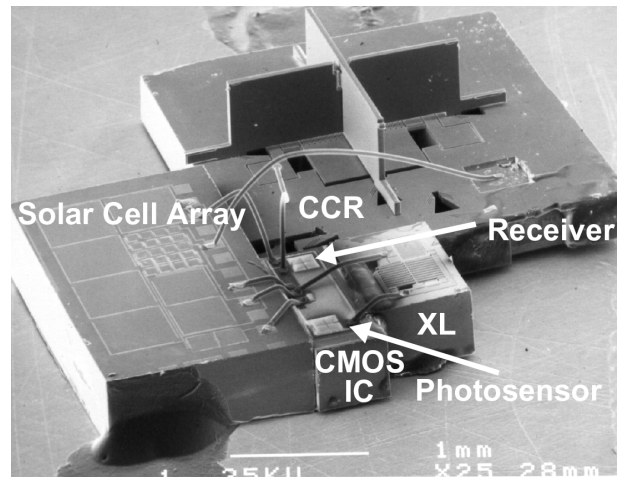
Es wurden in dem Projekt tatsächlich verschiedene Sensorenknoten mit unterschiedlichen Sensortypen entwickelt, wie z.B Helligkeits-, Temperatur-, Vibrations- und Mag. Feldstärke-sensoren. Die Größen wurden dabei immer weiter reduziert bis hin zu einer Größe von  $6.6 \text{ mm}^3$ . Das Ziel von nur  $1 \text{ mm}^3$  Größe wurde damit fast erreicht. Stellvertretend soll hier die Golem Dust-Mote genannt werden (siehe Abbildung 2.2). Golem Dust besitzt eine Größe



von  $16 \text{ mm}^3$ . Sie besteht aus einem Photosensor, einem ADC (Analog-Digital Converter), einem optischen Empfänger, einem CCR für optische Übertragungen, einem Solarzellenfeld und einem einfachen FSM(Finite State Machine)-Controller.



(a) Größenvergleich: Mote – 1 Cent Münze



(b) Rasterelektronenmikroskopdarstellung

Abbildung 2.2: Golem Dust [[Warneke u. a. \(2002\)](#)]

### 2.1.1 Bewertung

In dem Smart Dust-Projekt wurden viele interessante Aspekte entwickelt, durch die sich zahlreiche mögliche Anwendungsgebiete ergeben. Auch war es Ursprung für einige weitere Projekte, in denen beispielsweise auch die im HAW Rescue-Projekt genutzten so genannten Berkeley-Motes wie die TelosB-Mote oder das TinyOS-Betriebssystem entwickelt wurden (vgl. [[Davids \(2006\)](#)] und [[Davids \(2007\)](#)]). So ist z. B. die Miniaturisierung von Sensorknoten auch in Bezug auf das HAW Rescue-Projekt ein wichtiger Gesichtspunkt. Auch hier sind kleine Knoten nötig, beispielsweise wenn sich Sensoren für eine Sensorkette in einem Behälter auf den Rücken eines Feuerwehrmannes befinden müssen.

Eine Besonderheit dieses Projekts, die optische Kommunikation, eignet sich sicherlich nicht für das HAW Rescue-Projekt, da bei einem Brand im Allgemeinen auch Rauch entsteht, wodurch die Sicht behindert und damit keine Verbindung mehr zwischen den Motes möglich wäre.

## 2.2 intelligent Building Response (iBR)

Das intelligent Building Response (iBR)-Projekt wird am NIST-BFRL (National Institute of Standards and Technology-Building and Fire Research Laboratory) durchgeführt ([NIST (2006)]). Ziel ist es einen Standard zu schaffen, um Einrichtungen wie Feuerwehr, Polizei oder anderen Sicherheitsbehörden bei einem Notfall einen Zugang zu Gebäudeinformationssystemen zu ermöglichen.

Moderne Gebäude sind oft mit unterschiedlichen Kontroll- und Überwachungssystemen, wie z. B. Licht- und Klimaanlagesteuerung oder Brandmeldeanlagen ausgerüstet. Diese Systeme verfügen über eine Vielzahl von Sensoren innerhalb des Gebäudes, nutzen aber oft unterschiedliche Bussystem und Datenstrukturen und sind inkompatibel zueinander. Sie werden meist im Gebäude in einem Kontrollzentrum zusammengeführt und sind von dort steuerbar. Außerhalb des Gebäudes sind diese Systeme nicht nutzbar und es kann nicht auf sie zugegriffen werden, obwohl diese Informationen bei einem Feuer für die Rettungskräfte sehr hilfreich wären. Durch dieses Projekt soll den Rettungskräften ein Zugriff von Außen auf die Gebäudedaten ermöglicht werden und dies bereits bei der Anfahrt bzw. schon in der Leitstelle, nachdem dort ein Feuer gemeldet wurde. Auch soll es von der Leitstelle aus möglich sein Kontakt aufzunehmen, beispielsweise zu einer Person die ein Feuer im Gebäude gemeldet hat.

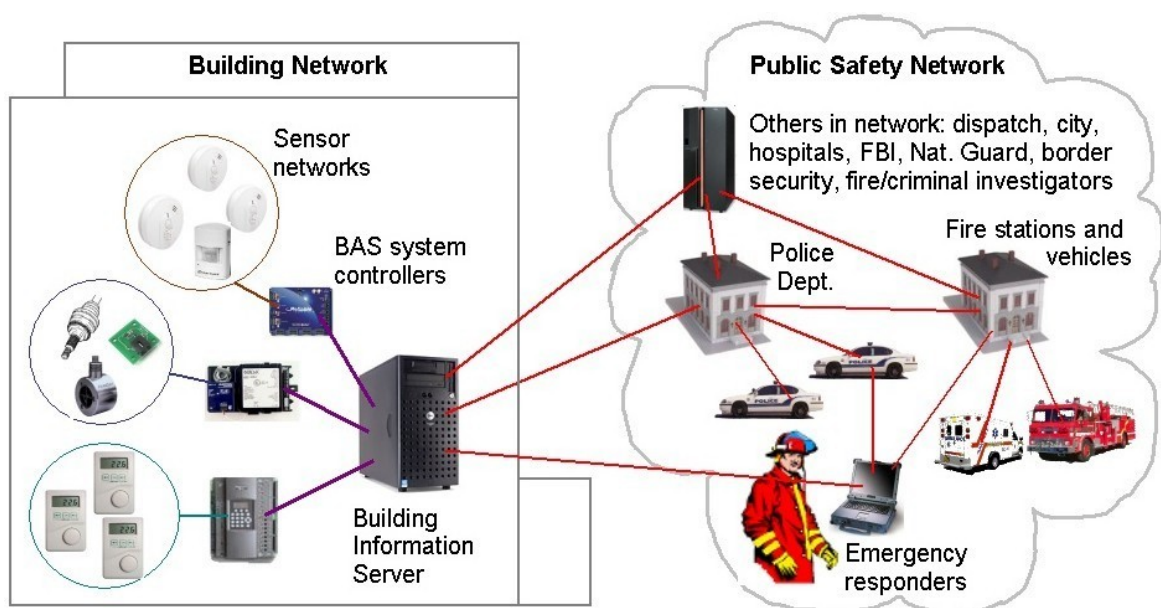


Abbildung 2.3: Datenvernetzung der relevanten Rettungskräfte mit den Gebäudesystemen [NIST (2006)]

Für die Rettungskräfte hätten u. a. folgende Informationen der Kontroll- und Überwachungssysteme große Bedeutung:

- Wo brennt es?
- Wo gibt es Rauch?
- Wo befinden sich Personen im Gebäude?
- Welche Gebäudesysteme arbeiten noch?
- In welchen Räumen sind die Lichter an?
- Welche Türen sind geöffnet?

Durch diese Informationen könnten sich die Rettungskräfte bereits bei der Ankunft über die Gegebenheiten vor Ort informieren und damit schneller mit der Rettung von Personen im Gebäude und der Brandbekämpfung beginnen.

Als einheitlicher Standard für die Gebäudekommunikation wurde BACnet (Building Automation and Control Network) durch das NIST initiiert. BACnet definiert ein Kommunikationsprotokoll für die Gebäudeautomation und ist bereits ein weltweit anerkannter ISO Standard. Durch BACnet wird die Interoperabilität zwischen verschiedenen Geräten unterschiedlicher Hersteller gewährleistet.

### 2.2.1 Bewertung

Das intelligent Building Response-Projekt zeigt wie wichtig es ist, den Rettungskräften so früh wie möglich Informationen über die Lage am Einsatzort zur Verfügung zu stellen, um die Brandbekämpfung so effektiv wie möglich durchzuführen. Dieses Konzept findet sich auch im HAW Rescue-Projekt wieder, denn auch dort stehen, durch die Ausrüstung von Gebäuden mit Sensoren und die Darstellung dieser Daten in der Leitstelle, schon Gebäudeinformationen zur Verfügung, bevor die Retter am Unglücksort angetroffen sind.

Eines der Kernpunkte des iBR-Projekts, die Nutzung von Standards, zeigt, dass es auch im HAW Rescue-Projekt nötig ist, auf Standards und offenen Schnittstellen zu achten, um Probleme, durch inkompatible Systeme zu vermeiden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass dieses Projekt viele wertvolle Hinweise und Ideen für die Planung und den Entwurf meiner Arbeiten im HAW Rescue-Projekt liefert. Dagegen werden für die praktische Umsetzung und die verwendeten Technologien, in Bezug auf den von mir bearbeiteten Teil des HAW Rescue-Projekts, kaum hilfreiche Informationen gegeben.

## 2.3 FIRE (Fire Information and Rescue Equipment)-Project

Das FIRE-Projekt wird im wesentlichen in Kooperation der UC Berkeley mit dem Chicago Fire Department durchgeführt ([Wright u. a. (2006)]). In diesem Projekt sollen Hilfsmittel zur Verbesserung der Information und Kommunikation entworfen und entwickelt werden, um die Sicherheit und Effizienz eines Notfalleinsatzes zu verbessern. Der Fokus wird dabei auf die Bekämpfung von Desastern in großen innerstädtischen Gebäuden, wie z.B. Kaufhäusern oder in Industrieanlagen gelegt.

In Chicago wurde nach den Vorkommnissen des 11. September entschieden, dass alle Gebäude über 80 ft (entspricht ca. 24 m) digitale Gebäudepläne zur Verfügung stellen müssen. Außerdem müssen diese Gebäude ein einfaches Informations- und Kommunikationssystem besitzen. Aufbauend auf dieser Grundlage sollen Hilfsmittel für die Rettungskräfte entwickelt werden.

Im FIRE-Projekt soll mit Hilfe eines drahtlosen Sensornetzwerks, als *SmokeNet* bezeichnet, die Position und die Vitaldaten von Feuerwehrmännern in einem Gebäude übermittelt werden und damit dem Einsatzleiter vor Ort die Möglichkeit gegeben werden, einen Überblick, auf einem Gebäudegrundriss dargestellt, über den aktuellen Status seiner Kräfte zu bekommen. Außerdem soll ermittelt werden, wie weit sich das Feuer im Gebäude ausgebreitet hat. Dem Feuerwehrmann soll auf einem *FireEye* genannten HMD-Systems ein Gebäudeplan eingeblendet werden, auf dem seine eigene Position und die Position der anderen Rettungskräfte im Gebäude angezeigt wird. Das in diesem Projekt genutzte Sensornetzwerk *SmokeNet* soll im Folgenden genauer untersucht werden.

### 2.3.1 SmokeNet

Das drahtlose Sensornetzwerk, sollte im Idealfall bereits im Gebäude installiert sein, bevor es zu einem Notfall kommt. Ist dies nicht der Fall, sollen Sensorknoten durch die Feuerwehrrkräfte im Gebäude in regelmäßigen Abständen ausgelegt werden und dadurch nach und nach ein im gesamten Gebäude verfügbares Sensornetz entstehen. Es wird allerdings für die volle Funktionalität ein bereits vorhandenes Sensornetz benötigt.

Das Sensornetz ist aufgebaut aus den Berkeley-Motes Telos und Mica2. Es gibt stationäre Sensorknoten und auch mobile. Die fest installierten Sensorknoten bilden das Rückgrat des Sensornetzes und sind daher in regelmäßigen Abständen überall im Gebäude vorhanden. Es sollen, anstelle der konventionellen Rauchmelder, Rauch- und Temperatursensorknoten



(a) Rauch- und Temperatursensor



(b) „Ampel“-Sensor

Abbildung 2.4: SmokeNet: stationäre Sensorknoten [Steingart u. a. (2007)]

(siehe Abbildung 2.4 (a)) angebracht werden. Außerdem sollen „Ampel“-Sensorknoten (siehe Abbildung 2.4 (b)) auf beiden Seiten jeder Tür installiert werden. Diese Sensoren bestehen aus drei farbigen LEDs und sind zur visuellen Anzeige für die Rettungskräfte, aber auch für Personen, die sich noch im Gebäude befinden, gedacht. Sie zeigen den Status des dahinter liegenden Raums an. So signalisiert eine rote LED, dass im Raum Gefahr droht, eine gelbe bedeutet, dass der Status des Raums nicht bekannt ist und wenn die grüne LED leuchtet, kann der Raum gefahrlos betreten werden. Durch dieses System sollen Fluchtwege einfach und schnell wahrnehmbar signalisiert werden.

Die mobilen Sensorknoten werden durch die Feuerwehrleute und den Einsatzleiter gebildet, die sich irgendwo im Gebäude aufhalten können. Die Feuerwehrmänner sind mit einem System aus einer Mica2-Mote, einem kleinen wearable Computer und dem Head-Mounted-Display ausgerüstet. Über das Sensornetz werden die Position der Feuerwehrmänner im Gebäude ausgetauscht und auf den HMDs angezeigt, ebenso wie die Ausbreitung des Feuers. Außerdem sollen über das Sensornetz Daten zur Überwachung des Gesundheitszustands des Feuerwehrmannes, sowohl an den Einsatzleiter, als auch an die anderen Feuerwehrleute, übermittelt werden. So sollen die Feuerwehrkräfte mit Sensoren für ein Monitoring der Restatmosphäre und der Herzfrequenz ausgestattet werden. Des weiteren dient das Netz dazu, Nachrichten mit dem Einsatzleiter auszutauschen. Dazu gehören Anweisung des Einsatzleiters an den Feuerwehrmann, die auf dem HMD dargestellt werden und es soll außerdem eine einfache Ja/Nein-Kommunikation zwischen Feuerwehrmann und dem Einsatzleiter realisiert werden.

### 2.3.2 Bewertung

Das FIRE-Projekt besitzt viele Ähnlichkeiten und Parallelen zum HAW Rescue-Projekt. So soll hier ebenfalls ein Sensornetzwerk aus Berkeley-Motes aufgebaut werden und auch der Einsatz eines HMD ist ebenso im HAW Rescue-Projekt geplant (vgl. [Hinck (2007)]). Die Idee der „Ampel“-Sensorknoten ist ein interessanter Ansatz, der sich auch in das Sensornetz des HAW Rescue-Projekts integrieren ließe.

Leider werden in den mir zur Verfügung stehenden Unterlagen viele Realisierungsdetails unklar gelassen. So wird beispielsweise über die Art der Positionsrechnung nichts mitgeteilt, es könnte aber meiner Meinung nach hier ein Triangulationsverfahren zum Einsatz kommen. Da an jeder Tür zwei „Ampel“-Sensorknoten und dazu die Rauch- und Temperatursensoren in den Räumen angebracht sind, wären genügend Sensoren vorhanden, um mit Hilfe des Abstands zu diesen festen Knoten eine Position zu berechnen. Ebenso wären mehr Informationen darüber wünschenswert wie z. B. die Ja/Nein-Kommunikation über das Sensornetz realisiert werden soll, auch in Bezug auf die dafür zu erwartende Datenmenge.

## 2.4 wearIT@work

Beim wearIT@work-Projekt handelt es sich um eine großes von der EU gefördertes Projekt am dem 36 europäische Forschungseinrichtungen und Unternehmen beteiligt sind ([wearIT@work (2007)]). Ziel ist es wearable Technologien in unterschiedlichen Arbeitsumgebungen zu entwickeln und zu testen. Dazu wurden vier Anwendungsbereiche definiert, um dort, über die Entwicklung von Prototypen hinaus, konkrete Lösungen zu erstellen. Im Bereich *Emergency Rescue* sollen Technologien im Rescue-Umfeld erforscht werden, die die Einsatzkräfte bei Notfall- und Rettungseinsätzen in ihrer Arbeit unterstützen.

In diesem Teil des wearIT@work-Projekts sollen, in Zusammenarbeit mit der Pariser Feuerwehr, Technologien entwickelt werden, um die Kommunikation, Kollaboration und den Informationsaustausch der Rettungskräfte zu verbessern. Da hauptsächlich an wearable Technologien im Bereich der Ausrüstung des einzelnen Feuerwehrmanns geforscht wird, sei auf die Arbeiten von Steffen Hinck (vgl. [Hinck (2006)] und [Hinck (2007)]) verwiesen. Parallelen zu dem von mir behandelten Teil des HAW Rescue-Projekts ergeben sich insofern, da auch Sensorknoten für den Aufbau eines Ad-hoc Sensornetzes genutzt werden sollen.

Durch persönliche Kontakte zum Projektteam des Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik, die federführend an diesem Projekt beteiligt ist, war es möglich einige Details zur Realisierung zu erfahren. Es wird in diesem Projekt der Ansatz verfolgt, ein Sensornetz einzusetzen, um die bisher genutzte Lifeline der Feuerwehr zu verbessern bzw. zu ersetzen. Die Lifeline ist eine Drahtseil, dass ein Feuerwehrmann hinter sich her führt, wenn er sich in



einem Gebäude befindet. Damit ist es ihm möglich den Weg zurück zum Ausgang wiederzufinden, wenn er sich verirrt hat oder wenn die Sicht im Gebäude sehr stark eingeschränkt ist. Als Ersatz für die Lifeline sollen durch die Feuerwehrleute, die sich im Gebäude befinden, automatisch Sensorknoten in regelmäßigen Abständen im Gebäude ausgelegt werden. Über das damit aufgebaute Sensornetz kann der Rückweg berechnet und dem Feuerwehrmann in Form von Richtungspfeilen auf einem kleinen wearable Computer oder auf einem Head-Mounted-Display angezeigt werden.

### 2.4.1 Bewertung

Da konkrete Lösungen im wearIT@work-Projekt erstellt werden sollen und damit Technologien, die sich im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Pariser Feuerwehr einsetzen lassen, gibt es einige Unterschiede zu unserem Szenario. So umfasst der Einsatzbereich der Pariser Feuerwehr das gesamte Stadtgebiet von Paris und es ist daher wenig sinnvoll, Gebäude schon im Vorhinein mit einem Sensornetz auszustatten. Dies kann zwar für besonders wichtige Gebäude, wie z. B. den Louvre zweckmäßig sein, jedoch sind Einsätze in diesen so vorbereiteten Gebäuden im Vergleich zum normalen Einsatzalltag eines Pariser Feuerwehrmannes sehr selten. Aus diesem Grund hier erst durch die Feuerwehrleute ein Sensornetz aufgebaut, wenn sie am Einsatzort eintreffen.

Parallelen zum HAW Rescue-Projekt ergeben sich in Bezug auf die Auslegung von Sensorknoten im Gebäude durch Feuerwehrleute. Dieses Verfahren ist so auch in unserem Projekt vorgesehen und es wäre hier auch evtl. eine Kooperation mit dem Fraunhofer Institut möglich. Auch die dort genutzten Sensorknoten sind die Gleichen wie im HAW Rescue-Projekt.

## 2.5 Weitere Projekte

Es gibt noch weitere Projekte die sich mit den Themengebieten Rescue und Sensornetzen befassen, die in dieser Ausarbeitung aber nicht alle genannt werden können. Einige weitere seien im Folgenden aber dennoch kurz vorgestellt.

### 2.5.1 RUNES (Reconfigurable Ubiquitous Networked Embedded Systems)

Bei RUNES handelt es sich ebenfalls um ein von der EU gefördertes Projekt ([[RUNES \(2007\)](#)]). Es wird hier ein interessantes Szenario zu Grunde gelegt. So wird ein Disaster

in einem Tunnel im Jahr 2012 angenommen. Der Tunnel ist mit RFID-Scanner ausgerüstet, die von einfahrenden LKW die Ladungsart, -menge und -gefährlichkeit erfassen. Des weiteren besitzt er ein Luftqualitätsmesssystem und ist mit Temperatur-, Feuchtigkeits- und verschiedenen Gassensoren ausgestattet. Bei einem Unfall in dem Tunnel wird ein Brand automatisch erkannt und ein Alarm ausgelöst. Die Personen im Tunnel haben die Möglichkeit sich beispielsweise mit einem PDA über eine öffentlich zugängliche Schnittstelle über die Geschehnisse zu informieren. Wenn der Alarm ausgelöst wird, werden die Anzahl und Art der Fahrzeuge im Tunnel und die Nutzbarkeit der Tunnelzugänge an die anfahrenden Rettungskräfte gemeldet. Durch die Rettungskräfte können Miniroboter in den Tunnel gesendet werden, die gefährliche Gase erkennen können und um weitere Daten über den Unfall zu sammeln und zusätzliche Sensoren auszulegen.

Dieses Szenario bietet viel Spielraum für den Einsatz unterschiedlichster Technologien. So ist, wie schon in der Beschreibung des Szenarios zu erkennen, an die Nutzung eines Sensornetzes in Kombination mit RFID-Scannern gedacht, dass um weitere Sensoren ergänzt werden kann. Ein Schwerpunkt in diesem Szenario ist damit, dass Zusammenspiel unterschiedlicher Sensortypen mit verschiedenen MAC-Protokollen zu ermöglichen. Leider wird, in den mir zur Verfügung stehenden Unterlagen, nicht weiter darauf eingegangen wie dies im Detail realisiert werden soll.

### **2.5.2 RELATE: Relative Positioning of Mobile Objects in Ad hoc Networks**

Beim RELATE-Projekt liegt der Schwerpunkt, wie im Titel bereits zu erkennen, auf der Positionsbestimmung. Es soll die relative Position von mobilen Objekten in einem Raum berechnet werden. Allerdings wird in diesem Projekt ein anderes System zur Ortsbestimmung, als in den bisher vorgestellten Arbeiten genutzt. Es wird mit Hilfe von Ultraschall-Impulsen die Entfernung von Objekten zueinander bestimmt. Diese Art der Positionsbestimmung wird im Rahmen des HAW Rescue-Projekts von Steffen Hinck genauer untersucht (vgl. [\[Hinck \(2006\)\]](#) und [\[Hinck \(2007\)\]](#)), ließe sich in dem von mir bearbeiteten Sensornetz mit dem bereits vorhandenen Sensorknoten allerdings nur mit weiterer Hardware realisieren. Es wäre aber durchaus möglich, diese beiden Techniken zu kombinieren.



### 3 Fazit

In dieser Arbeit wurden einige Projekte aus dem Bereich Sensornetze und Rescue vorgestellt. Dabei wurden interessante Aspekte und Entwicklungen herausgearbeitet. Die Auseinandersetzung mit diesen Projekten lieferte viele wichtige Informationen und Anregungen für meine Arbeiten und Ziele im Projekt und für die zukünftige Masterarbeit [s. a. (Davids (2007))].

Das Thema Rescue und Notfalleinsätze wird in einigen Projekten aufgegriffen. Besonders das *FIRE-Project* und *wearIT@work* besitzen viele Parallelen zum HAW Rescue-Projekt. Andere Projekte wie *Smart Dust*, *RUNES* oder auch *intelligent Building Response* liefern interessante Ideen und Konzepte.

In viele Rescue-Projekten wird der Einsatz eines Sensornetzes erwogen. Meiner Meinung nach ist es auch durchaus sinnvoll ein Sensornetz in diesem Bereich zu nutzen. Es ergeben sich dadurch im Grunde nur Vorteile für die Rettungskräfte, besonders in Bezug auf die erhöhte Informationsdichte, aber auch die Sicherheit der Feuerwehrmänner wird explizit erhöht. Hierzu sei noch einmal auf den besseren Überblick für die Einsatzleitung durch Daten über die tatsächliche Ausbreitung eines Feuers und die Messung der Temperaturwerte verwiesen, ebenso wie auf die Berechnung des Rückwegs mit Hilfe der ausgelegten Sensorknoten. Letztlich wird durch alle diese Maßnahmen die Sicherheit der Rettungskräfte bei einem Einsatz erhöht. Ein weiterer Vorteil eines Sensornetzes ist es, dass die Sensoren von den Feuerwehrleuten nicht gesteuert oder bedient werden müssen, so dass die Feuerwehrleute ihrer normalen Arbeit nachgehen können.

Dadurch, dass die Sensoren sehr klein und leicht sind und hier auch noch eine voranschreitende Miniaturisierung zu erwarten ist, wie im Smart Dust-Projekt deutlich geworden ist, können die Sensoren, ohne zu viel Raum zu beanspruchen und ohne zu große Last, von den Feuerwehrmännern mitgenommen werden. Dieser Nachteil der Platz- und Gewichtsproblematik ist damit als nur sehr gering zu bewerten.

# Literaturverzeichnis

- [Davids 2006]     DAVIDS, Arno:     *RESCUE: Sensorik zur Gebäudeüberwachung*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/davids/abstract.pdf>
- [Davids 2007]     DAVIDS, Arno:     *Ad-hoc Sensornetzwerk zur Gebäudeüberwachung und Navigationsunterstützung*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/davids/report.pdf>
- [Hazas u. a. 2005]     HAZAS, Mike ; KRAY, Christian ; GELLERSEN, Hans ; AGBOTA, Henoc ; KORTUEM, Gerd ; KROHN, Albert: A relative positioning system for co-located mobile devices. In: *MobiSys '05: Proceedings of the 3rd international conference on Mobile systems, applications, and services*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005
- [Hinck 2006]     HINCK, Steffen:     *RESCUE: Wearable Computer in Disaster-Szenarien*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/hinck/abstract.pdf>
- [Hinck 2007]     HINCK, Steffen:     *Einsatz von Wearable Computing in Disaster Szenarien*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/hinck/report.pdf>
- [NIST 2006]     NIST: *NIST Building and Fire Research Laboratory - intelligent Building Response*. 2006. – URL <http://www.bfrl.nist.gov/ibr/>
- [Piening 2006]     PIENING, Andreas:     *RESCUE: Leitstand für Disaster-Szenarien*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2006. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2006/piening/abstract.pdf>
- [Piening 2007]     PIENING, Andreas:     *RESCUE Leitstand für Disaster-Szenarien*. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/hinck/report.pdf>

- [Polastre u. a. 2004a] POLASTRE, J. ; SZEWCZYK, R. ; SHARP, C. ; CULLER, D.: *The Mote Revolution: Low Power Wireless Sensor Network Devices*. Proceedings of Hot Chips 16: A Symposium on High Performance Chips. 2004. – URL <http://webs.cs.berkeley.edu/papers/hotchips-2004-motes.ppt>
- [Polastre u. a. 2004b] POLASTRE, Joseph ; HILL, Jason ; CULLER, David: Versatile low power media access for wireless sensor networks. In: *SenSys '04: Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2004
- [Polastre u. a. 2005] POLASTRE, Joseph ; SZEWCZYK, Robert ; CULLER, David: Telos: enabling ultra-low power wireless research. In: *IPSN '05: Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks*. Piscataway, NJ, USA : IEEE Press, 2005
- [RUNES 2007] RUNES: *Reconfigurable Ubiquitous Networked Embedded Systems*. 2007. – URL <http://www.ist-runes.org/>
- [Steingart u. a. 2007] STEINGART, D. ; WILSON, J. ; REDFERN, A. ; PATTON, C. ; WATTS, W. ; WRIGHT, P.: *Improving Fire Rescue with Robust Information Technology*. 2007. – URL [http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/scripts/show\\_pdf\\_publication.php?pdfID=1102530635](http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/scripts/show_pdf_publication.php?pdfID=1102530635)
- [Warneke u. a. 2001a] WARNEKE, B. ; ATWOOD, B. ; PISTER, K.S.J.: Smart dust mote forerunners. In: *Micro Electro Mechanical Systems, 2001. MEMS 2001. The 14th IEEE International Conference on*, IEEE, 2001
- [Warneke u. a. 2002] WARNEKE, B.A. ; SCOTT, M.D. ; LEIBOWITZ, B.S. ; ZHOU, Lixia ; BELLEW, C.L. ; CHEDIAK, J.A. ; KAHN, J.M. ; BOSER, B.E. ; PISTER, K.S.J.: An autonomous 16 mm<sup>3</sup> solar-powered node for distributed wireless sensor networks. In: *Sensors, 2002. Proceedings of IEEE Bd. 2*, IEEE, 2002
- [Warneke 2004] WARNEKE, Brett: *Smart Dust*. 2004. – URL <http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/archive/users/warneke-brett/SmartDust/index.html>
- [Warneke u. a. 2001b] WARNEKE, Brett ; LAST, Matt ; LIEBOWITZ, Brian ; PISTER, Kristofer S. J.: Smart Dust: Communicating with a Cubic-Millimeter Computer. In: *Computer* 34 (2001), Nr. 1
- [Warneke und Pister 2002] WARNEKE, Brett A. ; PISTER, Kristofer S.: Exploring the Limits of System Integration with Smart Dust. In: *Proceedings of IMECE'02. ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition*. New Orleans, Louisiana, 2002
- [Warneke 2003] WARNEKE, Brett A.: *Ultra-Low Energy Architectures and Circuits for Cubic Millimeter Distributed Wireless Sensor Networks*, University of California, Berkeley, Disser-

- tation, 05 2003. – URL [http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/archive/users/warneke-brett/pubs/Warneke\\_dissertationScreen.pdf](http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/archive/users/warneke-brett/pubs/Warneke_dissertationScreen.pdf)
- [wearIT@work 2007] WEARIT@WORK: *wearIT@work*. 2007. – URL <http://www.wearitatwork.com/>
- [Wright u. a. 2006] WRIGHT, Paul ; WILSON, Joel ; STEINGART, Dan ; REDFERN, Andrew ; BHARGAVA, Vikas: *Fire Information and Rescue Equipment (FIRE)*. 2006. – URL <http://fire.me.berkeley.edu/>