

**Technische Universität München**  
Fakultät für Informatik  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (I 17)  
Prof. Dr. Helmut Krcmar

## **Interdisziplinäres Projekt**

Tracking, Tracing und Parameterabfrage von hochpreisigen  
beweglichen Geräten und Apparaten im Krankenhaus

Patricia Carolina Badi Ulmer  
Andreas Dollinger  
Gregor Maier

Aufgabensteller: Prof. Dr. Helmut Krcmar  
Betreuer: Dr. Jan Marco Leimeister

Abgabedatum: 07.06.2006

*Ich versichere, dass ich diese schriftliche Ausführung zum interdisziplinären Projekt selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.*

*Garching, den 07.06.2006*

*Patricia Carolina Badi Ulmer*

*Ich versichere, dass ich diese schriftliche Ausführung zum interdisziplinären Projekt selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.*

*Garching, den 07.06.2006*

*Andreas Dollinger*

*Ich versichere, dass ich diese schriftliche Ausführung zum interdisziplinären Projekt selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.*

*Garching, den 07.06.2006*

*Gregor Maier*

## Zusammenfassung

Die Standortbestimmung von hochpreisigen und mobilen Geräten und Apparaten wird mit zunehmender Größe von modernen Kliniken zu einem nicht vernachlässigbaren Faktor. Weiterhin wächst durch ansteigende Technisierung von Krankenhäusern der Bedarf nach aktuellen Zustandsinformationen oder einfach nach der Betriebsbereitschaft von Geräten. Die über die genannten Faktoren gewonnenen Informationen ermöglichen eine Beschleunigung der internen Prozessabläufe und fördern die Versorgungsqualität der Patienten sowie die wirtschaftliche Nutzung des Gerätebestandes.

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein System entwickelt das die Standortbestimmung und das automatisierte Auslesen von ausgewählten Parametern bezüglich der Betriebsbereitschaft und des Zustandes von hochpreisigen mobilen Geräten und Apparaten im Krankenhaus in Echtzeit realisiert. Dieses System stellt eine erste Ausbaustufe zur Verifikation des Tracking- und Tracing-Ansatzes dar und dient der Ermittlung von Machbarkeit, Funktionalität und möglichen auftretenden Problemen (Proof-of-Concept).

Im Zuge der Anforderungsanalyse wurde die Ist-Situation beim Suchen und Auffinden von hochpreisigen medizinischen Geräten analysiert. Besonderes Augenmerk wurde auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die elektromagnetische Verträglichkeit im Krankenhausumfeld gelegt. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen sowie aufgrund der aktuellen Infrastrukturplanungen am Klinikum rechts der Isar wurden verschiedene Technologien zum Indoor Tracking untersucht und schließlich wurde WLAN basiertes Tracking als Technologie ausgewählt. Durch Befragungen des medizinischen und technischen Personals an der Klinik für Anästhesiologie des MRI wurden die sozio-technischen Anforderungen an das System und die grafische Benutzeroberfläche ermittelt.

Es wurde eine Analyse am Markt erhältlicher, WLAN basierter Indoor Tracking Technologien und Lösungsangebote durchgeführt und die Leistungsmerkmale der verschiedenen Systeme ermittelt. Schlussendlich wurde das MagicMap System der Humboldt-Universität Berlin für die Positionsbestimmung ausgewählt.

In einem Betriebstest im FMI-Gebäude in Garching wurde die Genauigkeit der WLAN basierten Ortung und die Funktionsweise des Gesamtsystems getestet. Dabei hat sich gezeigt, dass eine genaue Ortsbestimmung mittels WLAN-Technologie sehr schwierig ist und harte Rahmenbedingungen, wie die Anzahl und die Positionen der Accesspoints, gegeben sind. Als Ergebnis des Betriebstests wurden Vorschläge und Strategien für die Weiterentwicklung des Systems sowie für ein Deployment im produktiven Betrieb erarbeitet.

Das Projekt *TTMRI – Tracking und Tracing am MRI* ist im Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München (MRI) in der Klinik für Anästhesiologie (Prof. Kochs) angesiedelt und wird unter Mitwirkung des Rechenzentrums (Herr Poth) durchgeführt. Die Betreuung wird vom Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München übernommen.

**Stichwörter:** Tracking und Tracing im Krankenhausumfeld, Indoor Tracking, WLAN, Positionsbestimmung, MagicMap, elektromagnetische Verträglichkeit, medizinische Geräte, Statusabfrage

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung und Motivation</b> .....	<b>9</b>
1.1 Problemstellung und Motivation.....	9
1.2 Ziele.....	10
1.3 Vorgehen .....	10
<b>2 Anforderungsanalyse</b> .....	<b>11</b>
2.1 Erhebung der Anforderungen am MRI .....	11
2.1.1 Aufgabenanalyse .....	12
2.1.1.1 Station.....	12
2.1.1.2 Medizintechnik.....	13
2.1.2 Arbeitsprozessanalyse .....	13
2.1.2.1 Gerätebeschaffung.....	13
2.1.2.2 Pflege der Geräte .....	14
2.1.2.3 Verwaltung der Gerätebestandsliste.....	14
2.1.2.4 Verwaltung und Wartung des Gerätebestands .....	14
2.1.3 Interaktionsanalyse.....	15
2.1.4 Analyse der sozialen Kooperationsstruktur.....	15
2.1.5 Arbeitsmittelanalyse.....	16
2.1.6 Aneignungsanalyse.....	16
2.1.7 Arbeitsraumanalyse.....	16
2.1.8 Analyse der Informationsspeicher.....	17
2.2 Elektromagnetische Verträglichkeit.....	17
2.2.1 GSM .....	18
2.2.2 GPS.....	18
2.2.3 RFID.....	18
2.2.4 WLAN.....	19
<b>3 Analyse am Markt erhältlicher Technologien und Lösungsangebote</b> .....	<b>21</b>
3.1 Überblick möglicher Ortungstechnologien .....	21
3.1.1 GSM .....	21
3.1.2 GPS.....	21
3.1.3 RFID.....	21
3.1.4 WLAN.....	22
3.2 Technologieauswahl.....	22
3.3 Überblick über WLAN-Lösungen.....	23
3.3.1 PanGo .....	24
3.3.2 Ekahau.....	24
3.3.3 Fraunhofer Locating System .....	25

3.3.4	PlaceLab .....	25
3.3.5	MagicMap .....	26
3.4	Lösungsauswahl .....	26
<b>4</b>	<b>Fachkonzept.....</b>	<b>28</b>
4.1	Restriktionen .....	28
4.2	Aufbau.....	29
4.2.1	Lokalisierung.....	29
4.2.2	Statusabfrage .....	30
4.2.3	Stammdaten.....	31
4.2.4	Grafische Benutzeroberfläche .....	33
4.3	Datenschutz und Sicherheit.....	33
<b>5</b>	<b>Implementierung .....</b>	<b>34</b>
5.1	Systemarchitektur.....	34
5.2	Teilsystem Lokalisierung .....	37
5.2.1	Objektmodell Lokalisierung.....	38
5.3	Teilsystem Statusabfrage.....	40
5.3.1	Objektmodell.....	41
5.3.2	TTMRI Status Client.....	42
5.3.3	Objektmodell TTMRI Status Client.....	42
5.4	Stammdaten.....	43
5.5	Grafische Benutzeroberfläche .....	45
<b>6</b>	<b>Betriebstest.....</b>	<b>50</b>
6.1	Rahmenbedingungen.....	50
6.2	Leistungsmerkmale .....	51
6.2.1	Positionsbestimmung .....	51
6.2.2	Statusabfrage .....	52
6.2.3	Stammdaten.....	52
6.2.4	Grafische Benutzeroberfläche .....	53
6.3	Implikationen für die Weiterentwicklung .....	53
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>55</b>
7.1	Schlussfolgerungen .....	55
7.2	Weitere Entwicklungen.....	55
7.3	Mögliche Barrieren .....	56
7.4	Ausblick .....	57
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>60</b>
9.1	Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse .....	60
9.1.1	Gespräch mit einer Vertreterin des Pflegepersonals am MRI.....	60
9.1.2	Gespräch mit einem Vertreter der Ärzte am MRI.....	61
9.1.3	Gespräch mit einem Vertreter der Medizintechniker am MRI .....	62
9.2	Gesprächsprotokoll der Livedemonstration .....	63
9.3	Lastenheft.....	63

9.3.1	Zielbestimmung.....	63
9.3.2	Produkteinsatz .....	64
9.3.3	Produktübersicht.....	64
9.3.4	Produktfunktionen.....	65
9.3.5	Produktdaten.....	65
9.3.6	Produktleistungen.....	65
9.3.7	Qualitätsanforderungen .....	66
9.3.8	Ergänzungen.....	66
9.4	Glossar.....	67
9.5	Pflichtenheft .....	67
9.5.1	Zielbestimmung.....	67
9.5.1.1	Musskriterien.....	67
9.5.1.2	Wunschkriterien .....	68
9.5.1.3	Abgrenzungskriterien.....	68
9.5.2	Produkteinsatz .....	68
9.5.2.1	Anwendungsbereiche .....	68
9.5.2.2	Zielgruppen .....	68
9.5.2.3	Betriebsbedingungen.....	68
9.5.3	Produktübersicht.....	69
9.5.4	Produktfunktionen.....	69
9.5.5	Produktdaten.....	71
9.5.6	Produktleistungen.....	71
9.5.7	Qualitätsanforderungen .....	72
9.5.8	Benutzungsoberfläche .....	73
9.5.9	Nichtfunktionale Anforderungen .....	73
9.5.10	Technische Produktumgebung.....	74
9.5.10.1	Software .....	74
9.5.10.2	Hardware .....	74
9.5.10.3	Produktschnittstellen.....	74
9.5.11	Spezielle Anforderungen an die Entwicklungsumgebung.....	75
9.5.12	Ergänzungen.....	75
9.5.13	Architektur .....	75
9.5.13.1	Grafische Benutzeroberfläche.....	75
9.5.13.2	Tracking .....	75
9.5.13.3	Statusabfrage .....	76
9.5.13.4	Stammdateninterface.....	76
9.6	Schnittstellenbeschreibung.....	76
9.7	Klassendiagramme .....	78
9.8	Projektplan .....	83
9.9	Übersicht der Bearbeiter.....	84

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Interaktionstruktur (Quelle: In Anlehnung an Esch, Weyde (2006)).....	15
Abbildung 3.1: Klassifizierung der Tracking-Lösungen (Quelle: In Anlehnung an Esch, Weyde (2006)).....	24
Abbildung 4.1: Aufbau (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 4.2: Datenfluss zwischen Trackingunit und TTMRI (eigene Darstellung).....	30
Abbildung 4.3: Logisches Datenmodell – ER-Diagramm in Chen Notation (eigene Darstellung).....	31
Abbildung 4.4: Stammdatenmodell – Tabellenstruktur (eigene Darstellung) .....	32
Abbildung 5.1: TTMRI Systemarchitektur (eigene Darstellung) .....	34
Abbildung 5.2: Klassendiagramm Package ttmri.mw.tracking (eigene Darstellung).....	40
Abbildung 5.3: Klassendiagramm Package ttmri.statusClient (eigene Darstellung).....	43
Abbildung 5.4: Klassendiagramm Package ttmri.mw.db (eigene Darstellung).....	44
Abbildung 5.5: Connect Dialog .....	45
Abbildung 5.6: TTMRI Hauptfenster.....	46
Abbildung 5.7: TTMRI Hauptfenster mit Suchergebnis.....	47
Abbildung 5.8: Grafische Gerätedarstellung.....	48
Abbildung 5.9: Klassendiagramm ttmr.cli.gui (eigene Darstellung) .....	49
Abbildung 6.1: Aufbau TTMRI Betriebstest (eigene Darstellung).....	51
Abbildung 9.1: Umweltdiagramm (eigene Darstellung).....	64
Abbildung 9.2: Umweltdiagramm (eigene Darstellung).....	69
Abbildung 9.3: Klassendiagramm Package ttmri.mw (eigene Darstellung).....	78
Abbildung 9.4: Klassendiagramm Package ttmri.cli (eigene Darstellung).....	79
Abbildung 9.5: Klassendiagramm Package ttmri.mw.db (eigene Darstellung).....	79
Abbildung 9.6: Klassendiagramm Package ttmri.cli.gui (eigene Darstellung).....	80
Abbildung 9.7: Klassendiagramm Package ttmri.statusClient (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 9.8: Klassendiagramm Package ttmri.mw.status (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 9.9: Klassendiagramm Package ttmri.mw.tracking (eigene Darstellung).....	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Technologievergleich.....	22
Tabelle 5.1: ttmriWebService Funktionen .....	35
Tabelle 5.2: MagicMapMaps Klasse.....	38
Tabelle 5.3: Position Klasse .....	39
Tabelle 5.4: MainStatus Klasse.....	41
Tabelle 5.5: Konstanten in der MainStatus Klasse .....	41
Tabelle 5.6: Device Klasse.....	48
Tabelle 9.1: Qualitätsanforderungen .....	66
Tabelle 9.2: Qualitätsanforderungen .....	72
Tabelle 9.3: Schnittstellenbeschreibung.....	76

## Abkürzungsverzeichnis

ADSL	Asynchronous Digital Subscriber Line
BAPT	Bundesamt für Post und Telekommunikation
BImSchv	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BZT	Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation
CE	Communautés Européennes
CPU	Central Processing Unit
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMVG	Elektromagnetisches Verträglichkeitsgesetz
EN	Europäische Norm
ETS	Europäische Telekommunikationsnorm
EU	Europäische Union
FMI	Fakultäten für Mathematik und Informatik der Technischen Universität München
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	Graphical User Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ID	Identifier
IDE	Integrated Device Electronics
IEC	International Electrotechnical Commission
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ISO	International Organization for Standardization

JDBC	Java Database Connectivity
LAN	Local Area Network
MPG	Medizinproduktegesetz
MRI	Klinikum München rechts der Isar
PC	Personal Computer
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	Personal Digital Assistant
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
RPC	Remote Procedure Call
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SOAP	Simple Object Access Protocol
TTMRI	Tracking und Tracing am MRI
UML	Unified Modeling Language
URL	Unified Resource Locator
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VPN	Virtual Private Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
XML	Extensible Markup Language

# 1 Einleitung und Motivation

In vielen Geschäftsbereichen kommen, um den gestiegenen Marktanforderungen und Kundenwünschen gerecht zu werden, immer mehr innovative Technologien zum Einsatz. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Tracking- und Tracing-Lösungen in der Logistikbranche, die den Kunden eine lückenlose Verfolgung ihrer Warensendungen ermöglicht. So können beispielsweise tiefgekühlte Lebensmittel auf dem Weg vom Hersteller bis zum Einzelhandel auf die Einhaltung der Kühlkette überwacht werden.

Diese Technologie kann auch in vielen anderen Bereichen dazu eingesetzt werden, um bestehende Geschäftsprozesse zu verbessern. Im Rahmen dieses interdisziplinären Projekts wurde am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der Technischen Universität München (TUM) in Zusammenarbeit mit dem Klinikum rechts der Isar der TUM (MRI), Klinik für Anästhesiologie, das TTMRI System entwickelt. TTMRI steht für *Tracking und Tracing am MRI*. Es handelt sich dabei um ein prototypisches System zur Positionsbestimmung und Parameterabfrage medizinischer Geräte im Krankenhaus. Diese Projektarbeit wird im Folgenden dokumentiert und vorgestellt.

## 1.1 Problemstellung und Motivation

Am Klinikum rechts der Isar werden jährlich über 40.000 Patienten stationär und über 150.000 Patienten ambulant behandelt. Medizinische Geräte, die teilweise mobil und stationsübergreifend eingesetzt werden, sind häufig nicht auffindbar, da dem Personal aufgrund der Größe und der mangelnden Übersichtlichkeit des Klinikums der Überblick fehlt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Betriebsbereitschaft momentan am Gerätestandort ermittelt werden muss, d.h. es besteht erst nach Auffinden des Gerätes die Möglichkeit zur Überprüfung, ob es auch tatsächlich frei und einsatzbereit ist. Infolgedessen kann es vorkommen, dass zahlreiche Geräte überprüft werden müssen, bis ein einsatzfähiges gefunden ist. Mit dieser Suchmethodik ist extremer Arbeits- und Zeitaufwand verbunden, der nicht der eigentlichen Aufgabe des Pflegepersonals, nämlich der Versorgung der Patienten, zugute kommt.

Die Belegungsplanung, also die Aufteilung der vorhandenen Geräte auf die geplanten Behandlungen, gestaltet sich schwierig, da sich die Einsatzbereitschaft und der Standort der Geräte ständig ändern. Für die Bedarfsplanung ist es sehr wichtig, die Auslastung der Geräte über einen längeren Zeitraum hinweg genau zu erfassen. Mit Hilfe der gesammelten Daten können Einsparpotenziale erkannt und die zur Verfügung stehenden Mittel optimal zur Neuanschaffung tatsächlich benötigter Geräte eingesetzt werden. Derzeit ist die Auslastungsquote der einzelnen Geräte weitgehend unbekannt. Bei kleinen Geräten sind auch Schwund und Diebstahl Probleme, denen durch den Einsatz von Tracking und Tracing entgegengewirkt werden kann. Weiterhin können durch aktuelle Zustands- und Auslastungszahlen sowie durch bekannte Position der Geräte Wegekosten abgeschätzt werden und somit, analog zur Produktfertigungsindustrie, Wege und Umrüstkosten geplant werden.

Ein System zur Lösung dieser Probleme leistet einen großen Beitrag zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Klinikums rechts der Isar.

## **1.2 Ziele**

Zielsetzung des Projektes war es, ein Konzept für die automatische Ermittlung des Standorts und des Betriebszustandes medizinischer Geräte zu erarbeiten. Diese Daten sind der Schlüssel zur Lösung der derzeitigen Probleme. Sie machen nicht nur die Suche und die Überprüfung der Einsatzbereitschaft der Geräte überflüssig, sondern können auch zur Unterstützung der Belegungs- und Bedarfsplanung und zur Vermeidung von Schwund und Diebstahl eingesetzt werden.

Die vorhandene und zukünftige Infrastruktur am Klinikum rechts der Isar muss in der Planung berücksichtigt werden. Die Daten sollen mit mobilen Endgeräten (Personal Digital Assistant (PDA), Notebook) abrufbar sein, gleichzeitig muss beim Einsatz einer Funktechnologie gerade in einem Krankenhaus die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) geprüft werden. Die technische Lösung muss außerdem zuverlässig und wirtschaftlich sein sowie eine gute Wartbarkeit aufweisen.

Im Anschluss soll das Konzept bei der Entwicklung eines exemplarischen Systems umgesetzt werden. Der Prototyp stellt kein fertiges Endprodukt dar, sondern dient zur Ermittlung von Machbarkeit, Funktionalität und möglichen auftretenden Problemen. Es soll vermittelt werden, wie eine mögliche technische Umsetzung aussehen könnte.

## **1.3 Vorgehen**

In der ersten Phase des Projekts wird in Zusammenarbeit mit dem Klinikum rechts der Isar eine eingehende Anforderungsanalyse durchgeführt, um sicherzustellen, dass alle für die Lösung relevanten Kriterien berücksichtigt werden. Daraufhin werden in einer Marktanalyse mögliche Tracking-Technologien untersucht. Die für das Projekt am besten geeignete Technologie wird ausgewählt und ein Anbieter gesucht. In einem Fachkonzept wird die Vorgehensweise geplant, um den ermittelten Anforderungen gerecht zu werden. Anhand des Konzepts wird ein System implementiert das den gewählten Tracking-Ansatz und einem ausführlichen Betriebstest unterzogen. Zum Schluss werden die aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse geschildert und ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen und Integrationen gegeben.

## **2 Anforderungsanalyse**

Im Rahmen der Anforderungsanalyse wurde die IST-Situation am Klinikum rechts der Isar ermittelt und eine Analyse der gesetzlichen Vorschriften zur EMV durchgeführt.

Für die Erhebung der Anforderungen und die Ermittlung der IST-Situation wurden Gespräche und Interviews im MRI durchgeführt. Am 2. Dezember 2005 fand ein Gespräch mit Herrn Poth, dem Rechenzentrumsleiter des MRI, statt. Bei diesem wurde das weitere Vorgehen und ein Mock-Up der Benutzeroberfläche besprochen. Die hier gewonnenen Informationen und Erkenntnisse sind in das Lastenheft (nach Balzert 2000, 53ff.) eingeflossen.

Am 16. Januar 2006 wurden Mitarbeiter der Klinik für Anästhesiologie des MRI interviewt. Gesprächspartner waren Herr Dr. Schneider, als Vertreter der Ärzte, Frau Müller, als Vertreterin des Pflegepersonals, und Herr Ziegleder, als Vertreter der Medizintechniker. Die Ergebnisse sind in Abschnitt 9.1 (Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse) dokumentiert und wurden für die Erstellung des Pflichtenhefts (nach Balzert 2000, 111ff.) verwendet.

### **2.1 Erhebung der Anforderungen am MRI**

Die medizinischen Geräte der Klinik für Anästhesiologie befinden sich nicht an einem zentralen Standort, sondern in Operationssälen, Operationseinleitungs-, Aufwach- und Lagerräumen sowie bei Patienten auf verschiedenen Stationen. Im Folgenden werden die beweglichen medizinischen Geräte der Anästhesiologie als Geräte bezeichnet.

Ein Teil der mobilen, vorwiegend größeren Geräte befindet sich in der Regel am selben Standort und wird nur in Ausnahmefällen, z.B. bei Wartung, bewegt. Der andere Teil, vor allem Selbstmedikationspumpen, kommt im ganzen Klinikbereich zum Einsatz und wird auch zur Behandlung von Patienten auf anderen Stationen eingesetzt. Die Ortung und Beschaffung dieser Geräte ist für das Klinikpersonal von besonderem Interesse.

Die behandelnden Ärzte legen den Bedarf an Geräten für eine durchzuführende Behandlung fest. Es ist Aufgabe des Pflegepersonals, die erforderlichen Geräte zu beschaffen und vorzubereiten. Die Geräte müssen funktionstüchtig, d.h. ordnungsgemäß gewartet, gereinigt und getestet, sein. Der behandelnde Arzt muss für die zu verwendenden Geräte qualifiziert sein.

Für die Wartung und die regelmäßige TÜV-Abnahme ist die Medizintechnik des MRI verantwortlich. Dabei steht der Medizintechniker vor derselben Problemstellung wie das Pflegepersonal: Um eine Wartung durchführen zu können, muss ein Gerät erst gefunden werden.

Bei der Anschaffung neuer Geräte wären aussagekräftige, transparente Informationen über die Nutzung und die Auslastung der Geräte erforderlich, um eine auf den tatsächlichen vorhandenen Bedürfnissen basierende Kaufentscheidung treffen zu können. Diese Informationen über die Geräte der Klinik für Anästhesiologie sind nicht vorhanden. Da noch keine Engpässe aufgetreten sind, ist davon auszugehen, dass genügend Geräte vorhanden

sind. Es ist jedoch nicht bekannt, ob eine Reduzierung des Gerätebestandes, welche die Kosten senken würde, vorgenommen werden kann, ohne die Qualität und Effizienz der Patientenversorgung zu beeinflussen.

Hier besteht ein Zielvereinbarungskonflikt. Die Klinikverwaltung und das medizinische Personal müssen einen Mittelweg finden, der eine optimale Versorgung der Patienten garantiert und gleichzeitig im Rahmen der wirtschaftlichen Möglichkeiten des Klinikums bleibt.

Im Folgenden wird die Ist-Situation der Klinik für Anästhesiologie nach dem Needs-Driven-Approach (Schwabe et al. 2001) analysiert. Die hierfür benötigten Informationen wurden aus den am MRI geführten Gesprächen (siehe Abschnitt 9.1 Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse) gewonnen.

### **2.1.1 Aufgabenanalyse**

Die Aufgabenanalyse beschäftigt sich mit den anfallenden Aufgaben und den Vorschriften, die für die Erledigung der einzelnen Aufgaben berücksichtigt werden müssen. Die Aufgaben gliedern sich in die zwei Bereiche, Station und Medizintechnik.

#### **2.1.1.1 Station**

##### **Gerätesuche**

Vor einer Behandlung müssen die benötigten Geräte gefunden und vorbereitet werden. Dies ist Aufgabe des Pflegepersonals. Da große Geräte einem Operationssaal fest zugeteilt sind, müssen diese nur in Ausnahmefällen gesucht und beschafft werden, z.B. wenn ein vorhandenes Gerät eine Fehlfunktion aufweist. Kleingeräte, wie Selbstmedikationspumpen und Monitore, werden ca. zwei- bis dreimal pro Woche gesucht.

##### **Gerät von anderer Station ausleihen**

Kann auf der eigenen Station kein geeignetes, funktionsfähiges oder freies Gerät gefunden werden, wird ein Gerät von einer anderen Station ausgeliehen. Dies ist wieder eine Aufgabe des Pflegepersonals und erfolgt mittels direkter Absprache zwischen dem Stationspersonal. Jeder Gerätverleih soll dokumentiert werden.

##### **Belegungsplanung der Operationssäle**

Im Zusammenhang mit der Behandlungs- und der Einsatzplanung der Ärzte erfolgt die Belegungsplanung der Operationssäle. Hierbei werden die in den Operationssälen vorhandenen beweglichen Geräte mitreserviert.

##### **Stationsseitige Inventur**

Das Personal der Klinik für Anästhesiologie führt alle zwei Jahre eine Inventur anhand einer lokal gespeicherten Geräteliste durch. Veränderungen werden nur lokal gespeichert und verwaltet. Die Geräteliste enthält unter anderem folgende Parameter: allgemeine Bezeichnung, Hersteller, Typ/Modell, Gerätenummer, Standort, Baujahr, Inventarnummer,

Klinik, Station/Abteilung, Mandant, erstmalige Inbetriebnahme, Erfassungsdatum, Garantiedatum.

### **Gerät reinigen**

Nach jedem Einsatz werden die Einwegteile der Geräte ausgetauscht. In festgelegten Intervallen erfolgt eine mechanische Reinigung.

### **Gerät testen**

Bestimmte Geräte werden jeden Tag zu Betriebsbeginn getestet. Diese Geräte dürfen nur nach erfolgreich bestandenem Test zum Einsatz kommen.

## **2.1.1.2 Medizintechnik**

### **Bestandsdatenbank verwalten**

Eine Bestandsdatenbank, die alle medizinischen Geräte des MRI umfasst, wird von der Medizintechnik verwaltet. Hier erhalten alle Geräte eine eindeutige Inventarnummer und es wird unter anderem erfasst, welcher Klinik und Station diese zugeordnet sind. Es werden nur der Medizintechnik bekannte Informationen aktuell gehalten. Ein Abgleich mit der Geräteliste der Station erfolgt nicht.

### **Wartung/TÜV durchführen und sicherstellen**

Das Medizinproduktegesetz (MPG) kategorisiert medizinische Geräte in Geräteklassen. Für jede dieser Geräteklassen sind Umfang und Intervall von Wartung und Überprüfung vorgeschrieben. Es ist Aufgabe der Medizintechnik, die Einhaltung dieser Vorschriften zu gewährleisten.

## **2.1.2 Arbeitsprozessanalyse**

Die Arbeitsprozessanalyse ermittelt die Abläufe und deren Reihenfolge sowie die Personen, die diese durchführen.

Das Pflegepersonal ist für die Arbeitsabläufe der Gerätebeschaffung, der Pflege der Geräte und der Verwaltung der lokalen Gerätebestandsliste verantwortlich. Im Folgenden wird mit Gerätebeschaffung die Suche innerhalb des Klinikums und die Bereitstellung der benötigten Geräte am Einsatzort bezeichnet.

Das Personal der Medizintechnik kümmert sich um die Verwaltung der Geräte anhand des Lebenszyklus' der Geräte.

### **2.1.2.1 Gerätebeschaffung**

Bei der Gerätebeschaffung wird folgendermaßen vorgegangen: Zuerst wird in der Station selbst nach dem gewünschtem Gerät oder Gerätetyp gesucht. Wird hier kein Gerät gefunden oder ist hier kein freies, einsatzbereites vorhanden, wird die Suche auf andere Stationen

ausgeweitet und gegebenenfalls ein Gerät ausgeliehen. Das medizinische Personal sucht im Normalfall nach einer bestimmten Geräteklasse oder einem bestimmten Modell. Es stehen immer mehrere Geräte zur Verfügung. Die Medizintechnik interessiert sich im Falle einer Wartung oder Überprüfung für ein bestimmtes Gerät, welches anhand der Inventarnummer identifiziert wird.

#### **2.1.2.2 Pflege der Geräte**

Die Geräteklasse und die Beschaffenheit des Geräts entscheiden über Art und Umfang der benötigten Pflege. Größere, komplexere Geräte müssen jeden Tag vor Arbeitsbeginn einem vorgeschriebenen Test unterzogen werden. Nach dem Einsatz bei einer Behandlung eines Patienten müssen Einwegteile, z.B. Mundstücke und Filter, ausgewechselt und bei Bedarf eine Reinigung durchgeführt werden. Am Ende des Tages sind bei manchen Geräten die Verschleißteile, z.B. Schläuche, auszutauschen.

#### **2.1.2.3 Verwaltung der Gerätebestandsliste**

In der Klinik für Anästhesiologie wird eine lokale Geräteliste verwaltet. Damit verbunden sind die Durchführung der Inventur und die Änderungen von Gerätedaten. Diese Änderungen werden durch Ereignisse im Arbeitsalltag, z.B. Austausch eines defekten Gerätes, ausgelöst und vom Pflegepersonal realisiert. Eine Auslösung von weiterführenden Aktivitäten findet nicht statt.

#### **2.1.2.4 Verwaltung und Wartung des Gerätebestands**

Die Verwaltung des Gerätebestandes wird durch eine intern entwickelte Software (MEDOC) unterstützt. Anlass für die durchzuführenden Aktivitäten sind hier z.B. Fehlfunktionen von Geräten oder die im MPG vorgeschriebenen Intervalle für Wartungen und Überprüfungen. Die jeweils betroffenen Geräte müssen lokalisiert werden. Hierfür wird das Pflegepersonal der entsprechenden Station zu Rate gezogen.

### 2.1.3 Interaktionsanalyse

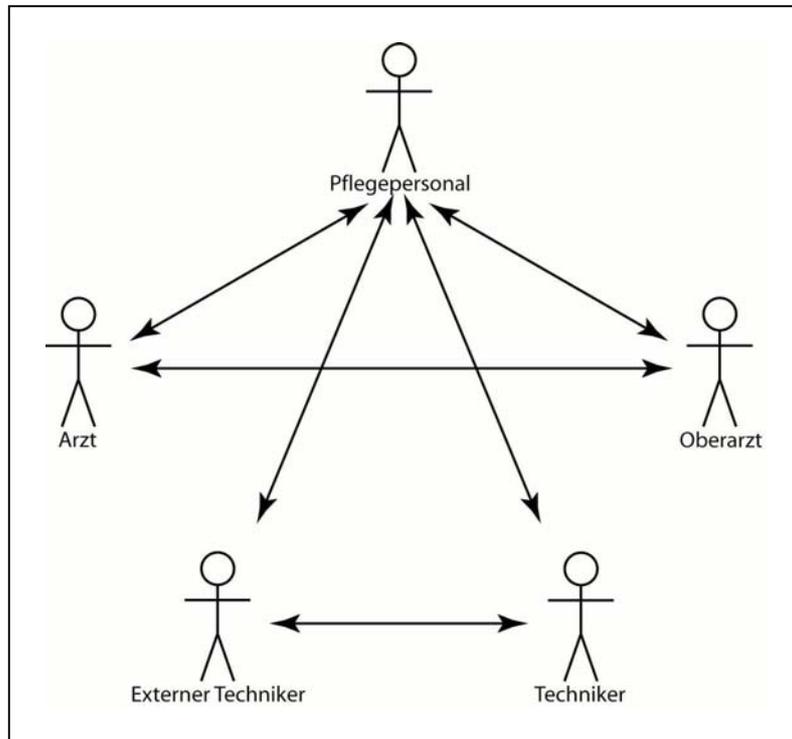


Abbildung 2.1: Interaktionsstruktur (Quelle: In Anlehnung an Esch, Weyde (2006))

Die Kommunikation des Klinikpersonals im Rahmen der Arbeitsprozesse erfolgt mündlich und meistens über Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)-Telefone, von denen jeder Arzt mindestens eines besitzt.

Zentraler Anlaufpunkt für die Suche nach Geräten ist, wie in Abbildung 2.1 dargestellt, das Pflegepersonal. Ärzte und Techniker, die ein bestimmtes Gerät benötigen, wenden sich an das Pflegepersonal. Bei der Suche nach einem Gerät arbeitet das Pflegepersonal interaktiv zusammen. Fehlt einem Arzt die Einweisung für ein spezielles Gerät, wird diese von einem erfahrenen Kollegen vorgenommen. Der Dienst habende Oberarzt steht bei Fragen im Umgang mit den Geräten zur Verfügung.

### 2.1.4 Analyse der sozialen Kooperationsstruktur

Die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure erfolgt intuitiv und direkt. Die vorherrschende Hierarchie bestimmt Weisungsbefugnisse, Entscheidungsfindung und Art der Kooperation.

### **2.1.5 Arbeitsmittelanalyse**

Folgende Arbeitsmittel unterstützen die Arbeitsabläufe:

#### **Gerätepass**

Im Gerätepass werden die Qualifikationen zur Bedienung der verschiedenen Geräte dokumentiert. Jeder Benutzer hat einen persönlichen Gerätepass.

#### **Gerätestammdatenbank**

Die Medizintechnik verwaltet alle medizinischen Geräte des Klinikums in einer Datenbank. Diese enthält alle relevanten Geräteinformationen. Es ist geplant, die Verwaltung dieser Gerätstammdaten in das künftige, erweiterte SAP-System zu integrieren.

#### **Geräteliste**

Die Geräteliste stellt einen Auszug aus der zentralen, von der Medizintechnik verwalteten Gerätstammdatenbank dar. Diese enthält umfassende Informationen über die Geräte der Klinik für Anästhesiologie und wird lokal weitergepflegt. Der dort vermerkte Standort entspricht nicht immer dem tatsächlichen Standort des Gerätes.

#### **SAP**

Im gesamten Klinikum wird das voll in SAP integrierte ISH\*med System eingesetzt. Eine Erweiterung des SAP-Systems ist geplant. Dies soll bei Neuentwicklungen berücksichtigt werden, um den Umstellungsaufwand gering zu halten.

### **2.1.6 Aneignungsanalyse**

In der Aneignungsanalyse wird betrachtet, wie die Kenntnis von Arbeitsschritten angelernt und ausgetauscht wird. Alle Informationen über Arbeitsschritte der betrachteten Prozesse werden mündlich weitergegeben. Manche laufen sehr informell ab und basieren auf dem sozialen Wissen, wie z.B. die Suche nach Geräten. Andere sind formell festgelegt und werden dokumentiert (der Erwerb von Qualifikationen für die Gerätebedienung usw.).

Es ist anzumerken, dass hier nicht alle Möglichkeiten zur Weitergabe und Aufbewahrung von Wissen und Erfahrungen ausgenutzt werden.

### **2.1.7 Arbeitsraumanalyse**

In Rahmen einer Arbeitsraumanalyse wird die Beschaffenheit der Arbeitsräume und deren Einfluss auf Prozesse betrachtet. Die Zielsetzung des Projektes ist eine Unterstützung der betrachteten Prozesse in den gegebenen Arbeitsräumen. Aus diesem Grund wird die Arbeitsraumanalyse nicht angewandt.

### **2.1.8 Analyse der Informationsspeicher**

Es folgt eine Betrachtung der verwendeten Informationsspeicher und ihrer Eigenschaften.

#### **Geräteliste**

Die Information, welche Geräte die Klinik der Anästhesiologie besitzt, ist in einer Microsoft Excel Tabelle abgelegt.

#### **Gerätstammdatenbank**

Die Stammdaten der Geräte des Klinikums werden in der von der Medizintechnik entwickelten Software MEDOC verwaltet. Diese ist auf einer Microsoft Access Datenbank aufgesetzt.

#### **Geräteverleihdokumentation**

Der Verleih von Geräten an andere Stationen wird schriftlich dokumentiert.

#### **Gerätepass**

Jeder Benutzer von Geräten mit Einweisungspflicht besitzt einen Gerätepass, in welchem die Qualifikation für die Gerätebedienung schriftlich festgehalten wird.

#### **Gerätestandorte**

Jedes Gerät, dem ein fester Standort zugeordnet ist, besitzt einen Aufkleber, der über diesen Standort informiert. Standortänderungen, die nicht dokumentiert werden, sind nur bestimmten Mitarbeitern bekannt und werden ausschließlich mündlich weitergegeben. Bei Kleingeräten wird dokumentiert, welchem Patienten diese mitgegeben wurden.

#### **Gerätewartungen**

Gerätewartungen werden in schriftlicher Form in einem Heft an ihrem zugeordneten Standort festgehalten und durch die Medizintechnik in der Gerätstammdatenbank dokumentiert.

#### **Geräteüberprüfungen**

Geräteüberprüfungen werden von der Medizintechnik in der Gerätstammdatenbank dokumentiert.

## **2.2 Elektromagnetische Verträglichkeit**

Da sich das Projekt u.a. mit Funkanwendungen beschäftigt, ist es wichtig, dass die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sichergestellt wird. Im deutschen Elektromagnetisches Verträglichkeitgesetz (EMVG) wird die elektromagnetische Verträglichkeit als „die Fähigkeit eines Gerätes, in der elektromagnetischen Umwelt zufrieden stellend zu arbeiten, ohne selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umwelt vorhandene Apparate, Systeme oder Anlagen unannehmbar wären“ (zitiert in LANCOM™ Techpaper 2005), definiert. Außerdem müssen, wegen des Einsatzes im medizinischen Bereich, auch die Auswirkungen auf Menschen berücksichtigt werden.

### **2.2.1 GSM**

Das Global System for Mobile Communications (GSM) ist der gegenwärtige Standard für Mobiltelefonie.

„Das Bayrische Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit hat in seinem „Medizingeräte-Informationsdienst 3/94“ darauf hingewiesen, dass Störungen elektromagnetischer Geräte durch Mobilfunk möglich seien und empfiehlt deshalb, „für Patienten den Betrieb mobiler Funktelefone generell zu untersagen“. Ärzte, die mobile Funktelefone verwenden, sollten gebeten werden, ihre Mobiltelefone innerhalb von Räumen mit medizinisch-technischen Geräten nicht zu betreiben“ (Tobisch et al. 1999, 7)

Für das Tracking mittels GSM wäre es erforderlich Mobiltelefone direkt an den medizinischen Geräten zu befestigen, d.h. dass der Einfluß der elektromagnetischen Strahlung auf die medizinischen Geräte durch die Mobiltelefone deutlich höher als bei der Verwendung von Mobiltelefonen durch Patienten wäre. Deswegen ist der Einsatz von GSM als Ortungstechnologie im medizinischen Bereich nicht zu empfehlen.

### **2.2.2 GPS**

Das Global Positioning System (GPS) besteht aus Satelliten die permanent Funksignale aussenden diese werden von GPS-Empfangeinheiten aufgefangen die ihre eigene Position anhand der Signallaufzeiten berechnen können.

Die GPS-Signale sind, wie z.B. auch Radio- und Fernsehsignale, allgegenwärtig und wurden so konzipiert, dass sie keine Störung der technischen Geräte verursachen. Die Empfangseinheiten verhalten sich passiv, d.h. sie senden selbst keine Funksignale. Der Einsatz von GPS im Krankenhausumfeld ist somit unbedenklich.

### **2.2.3 RFID**

Ein Radio-Frequency-Identification (RFID)-System besitzt die Eigenschaften der elektronischen Identifikation, der kontaktlosen Datenübertragung und des Sendens auf Abruf und besteht aus zwei Komponenten, dem Transponder (Tag) und dem Erfassungsgerät (Lesegerät).

RFID-Systeme zählen zu den Funkanlagen, wobei die elektronische Identifikation und das Senden auf Abruf sie von anderen Anlagen unterscheidet. Es gibt verschiedene ISO/IEC-Standards für RFID-Systeme, welche unterschiedliche Lesegeschwindigkeiten definieren. Die Reichweite liegt im Zentimeter- oder Meterbereich und kann von Metall in der Umgebung negativ beeinflusst werden (Oertel et al. 2004).

RFID-Systeme arbeiten in unterschiedlichen Frequenzbereichen, vom Langwellen- bis zum Mikrowellenbereich. Durch die geringen Sendeleistungen von RFID-Systemen eignen sich diese für den Einsatz im medizinischen Bereich.

Pilotprojekte im Klinikum Saarbrücken<sup>1</sup> und im New Yorker Krankenhaus Jacobi Medical Center<sup>2</sup> beschäftigen sich mit dem Einsatz von RFID für die Patientenidentifikation.

#### 2.2.4 WLAN

Wireless Local Area Networks (WLANs) verwenden die Frequenzbereiche 2,4 – 2,48 GHz (Industrial-Scientific-Medical)-Frequenzband, 5,1 – 5,3 GHz und 5,4 – 5,7 GHz. Ein WLAN-System besteht aus zwei Komponenten: Zugangspunkte, im Folgenden Accesspoints genannt, und WLAN-Netzadapter, welche unter anderem WLAN-Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA) Netzwerkadapterkarten in einem Laptop oder WLAN-Netzwerkkarten in einem normalen Personal Computer (PC) sein können. Künftig werden WLAN-Netzadapter als WLAN-Clients oder Clients bezeichnet.

Es sind die Strahlungsintensitäten der beiden Komponenten, Zugangspunkte (Accesspoints) und Clients (z.B. WLAN-PCMCIA Karte im Laptop) zu beachten. Ein Accesspoint sendet im Ruhezustand zehn mal pro Sekunde ein Erkennungssignal aus, das dazu dient, die WLAN-Stationen zu einer Anmeldung an diesem Accesspoint aufzufordern. Bei Datenübertragungen steigt die Sendeleistung und erreicht bei Volllastung in 50 cm Abstand eine Strahlungsintensität von 0,03 W/m<sup>2</sup>. Clients senden im Ruhebetrieb nicht. Eine WLAN-Funkverbindung zum Accesspoint bauen Clients erst dann auf, wenn Daten zu übertragen sind. Die Sendedauer ist von der zu übertragenden Datenmenge abhängig. Da sich mehrere Clients einen Accesspoint teilen, beträgt die Sendezeit eines einzelnen Clients nur einen Bruchteil der maximal möglichen Sendezeit (z.B. bei einer Internetanwendung ca. 1/100 der maximal möglichen Sendezeit). Die Strahlungsintensität in 50 cm Abstand eines sendenden Clients beträgt 0,003 W/m<sup>2</sup> (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie).

Für die Zulassung und den Einsatz von WLAN sind

- der europäische Standard ETS 300328,
- das EMVG und
- die Zulassungsvorschrift BAPT 222ZV126 des Bundesamtes für Zulassungen in der Telekommunikation (BZT)

zu beachten. Speziell für den Einsatz im medizinischen Bereich müssen die europäischen Normen EN 60601-1-2, EN 55011 und EN 55014 eingehalten werden. Zusätzlich gibt es die europäische Norm EN 60950 (DIN VDE 0848, 26. BImSchV), welche die Anforderungen und Prüfungen beschreibt, die den Schutz der Benutzer der Geräte gewährleisten (LANCOM™ Techpaper 2005).

Das EMVG legt unter anderem fest, dass alle Geräte mit dem europäischen CE-Zeichen versehen sein müssen. Das CE-Zeichen besagt, dass die in den entsprechenden Normen

---

<sup>1</sup> Heise online <http://www.heise.de/newsticker/meldung/58777>, zugegriffen am 23.04.2006

<sup>2</sup> Heise online <http://www.heise.de/newsticker/meldung/67153>, zugegriffen am 23.04.2006

festgelegten Grenzwerte für die ausgehende Strahlung eingehalten werden und, dass die Geräte gegen elektromagnetische Fremdstrahlung abgeschirmt sind. Die Einhaltung der in den Normen und Gesetzen festgelegten Grenzwerte gewährleistet den Schutz vor bekannten Gesundheitsgefahren, Belästigungen und Funktionsstörungen. (Umweltforum Bayern, Arbeitskreis „Umwelt und Gesundheit“ 1999)

In Deutschland beträgt die maximale Sendeleistung eines WLAN-Senders max. 100mW Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) (entspricht 0,1 Watt). Bei Einhalten dieser maximalen Sendeleistung ist der Einsatz im medizinischen Bereich zugelassen (Krüger-Brand et al. 2003). Die Accesspoints und Clients befinden sich mit ihren 0,03 bzw. 0,003 W/m<sup>2</sup> weit unter der maximal zugelassenen Sendeleistung und eignen sich somit auch für den Einsatz in Krankenhäusern.

Für die Nutzung von WLAN-Anwendungen sind keine bestimmten Antennen vorgeschrieben. Diese dürfen die maximale Strahlungsleistung nicht überschreiten und die Konformitätserklärungen des Herstellers nicht verletzen. Eine bestimmte maximale Reichweite ist nicht vorgeschrieben (Bundesnetzagentur). Hier wirken die Umgebungsverhältnisse als limitierende Faktoren. Bebauungen oder Bewaldung können die Reichweite beeinflussen. Die Reichweite von WLAN liegt innerhalb von Gebäuden zwischen 10 bis 100 m, wobei ca. 40 m als realistisch gelten (Krüger-Brand et al. 2003).

WLANs arbeiten in den lizenz- und genehmigungsfreien Industrial, Scientific and Medical (ISM)-Frequenzbändern. Für das Einrichten und die Nutzung eines WLAN fallen keine lizenzbehäfteten Betriebskosten an und es ist keine Genehmigung erforderlich. Durch WLAN-Verbindungen dürfen verschiedene Grundstücke miteinander verbunden werden, jedoch ist bei Überschreiten fremder Grundstücke eine Mitteilung an die Regulierungsbehörde zu richten. Werden mittels WLAN-Telekommunikationsdienstleistungen erbracht, ist dies der Bundesnetzagentur zu melden (Bundesnetzagentur).

Aus Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gehen Empfehlungen für die Aufstellung von Accesspoint und Client hervor. Ein Accesspoint sollte nicht an einem Standort aufgestellt werden, wo sich Menschen über einen längeren Zeitraum aufhalten, da er im Ruhezustand immer ein Erkennungssignal und sonst die Summenleistung aller Clients, die von diesem bedient werden, sendet. WLAN-Clients hingegen können auch an Dauerarbeitsplätzen aufgestellt werden, da diese nur während der aktiven Datenübertragung senden.

Es ist zu bemerken, dass in der Regel alle im europäischen Markt arbeitenden Hersteller von Accesspoints und WLAN-Clients die Gesetze und Normen, auch die speziellen für den Einsatz im medizinischen Bereich, einhalten.

Im Rahmen eines Pilotprojektes wird WLAN im New Yorker Krankenhaus Jacobi Medical Center eingesetzt<sup>3</sup>. Auch im Bonner Johanniter-Krankenhaus wird WLAN bereits verwendet und das Klinikum Würzburg betreibt eine flächendeckende WLAN-Versorgung ihres Zentrums für Operative Medizin.

---

<sup>3</sup> Heise online <http://www.heise.de/newsticker/meldung/67153>, zugegriffen am 23.04.2006

### **3 Analyse am Markt erhältlicher Technologien und Lösungsangebote**

Im Rahmen des Projektes wurden die am Markt vorhandenen Ortungstechnologien und Lösungen identifiziert und eingehend betrachtet. Zunächst soll ein kurzer Überblick über die verschiedenen, auf dem Markt verbreiteten, Ansätze zum Indoor Tracking und ihre Vor- und Nachteile, gerade in Bezug auf die Anforderungen des Projekts, gegeben werden. Danach wird auf die von uns ausgewählte Technologie näher eingegangen und herausgestellt, warum sie sich für dieses Projekt am besten eignet. Im Anschluss werden Positionierungslösungen verschiedener Hersteller, die die ausgewählte Technologie einsetzen, miteinander verglichen und die für dieses Projekt beste Tracking-Software bestimmt.

#### **3.1 Überblick möglicher Ortungstechnologien**

##### **3.1.1 GSM**

Eine Möglichkeit besteht darin, Geräte via GSM zu orten. Das Verfahren benutzt die Signalstärken aller empfangbaren GSM Sendeantennen der Umgebung zur Berechnung der Handy-Position. Zur Verbesserung der Genauigkeit werden auch Sendeantennen einbezogen, deren Signal zum Telefonieren zu schwach ist. So können Handys bis zu 5 m genau lokalisiert werden. Dieser Ansatz ist für unser Projekt ungeeignet, da an jedem medizinischen Gerät ein Mobiltelefon befestigt werden müsste, was vor allem in Bezug auf EMV nicht zu empfehlen ist. Auch die Statusabfrage, das heißt das Auslesen bestimmter Parameter aus den medizinischen Geräten bezüglich Einsatzbereitschaft und Betriebszustand, ist aufgrund fehlender geeigneter Schnittstellen an Mobiltelefonen nur mit großem Aufwand möglich.

##### **3.1.2 GPS**

Das GPS besteht aus Satelliten, die kontinuierlich Signale aussenden, und Empfangseinheiten, die diese Signale auswerten können. Eine GPS-Empfangseinheit bestimmt die eigene Position über die Signallaufzeit zu diesen Satelliten. Der der Öffentlichkeit zugängliche Standard Positioning Service liefert eine Ortungsgenauigkeit von ungefähr 15 m. Beim Einsatz in Gebäuden kann es durch Abschirmung und Reflektion der Signale zu Empfangsstörungen und erheblichen Positionierungsungenauigkeiten kommen. Die Empfangseinheiten an sich besitzen in der Regel keine Möglichkeit zur Kommunikation mit Netzwerken oder Servern und können mangels geeigneter Schnittstellen nicht zur Statusabfrage eingesetzt werden. Somit wird für den Einsatz dieser Technologie zusätzlich ein Computer mit WLAN, serieller Schnittstelle und einer Anbindung an die GPS-Empfangseinheit benötigt.

##### **3.1.3 RFID**

Bei der RFID Technologie werden Transponder, auch Tags genannt, an den zu ortenden Geräten angebracht, auf denen Daten zu den einzelnen Geräten gespeichert werden können. Diese Daten können dann von RFID Readern berührungslos und ohne Sichtkontakt gelesen

oder aktualisiert werden. Durch Anbringen von Readern an Türen zu Krankenzimmern, Operationssälen oder an Stationsübergängen kann der Aufenthaltsort des entsprechenden Gerätes raumgenau bestimmt werden. Diese Methode liefert die genaueste Positionsangabe. Die Kosten für die RFID Tags sind mit unter 10 Euro vergleichsweise niedrig. Aufgrund der geringen Sendeleistung und Sendereichweite ist diese Technologie in Bezug auf die elektromagnetische Verträglichkeit unbedenklich. Nachteilig sind die hohen Infrastrukturkosten. Die RFID Reader müssten an jeder Tür angebracht werden und die Möglichkeit haben, ihre Daten an einen zentralen Server zu übermitteln, der die Positionen aller Geräte verwaltet, was ein zusätzliches konventionelles Netzwerk (LAN, WLAN) erfordert. Darüber hinaus verfügen die RFID Transponder über keine Möglichkeit, mit dem medizinischen Gerät zu kommunizieren. Das macht eine Statusabfrage unmöglich.

### 3.1.4 WLAN

In einem WLAN kommunizieren Endgeräte drahtlos über Empfangsstationen (Accesspoints) mit dem Netzwerk. Mit speziellen Methoden (z.B. Signalstärkemessung, Messung von Paketlaufzeiten) kann die Position der Endgeräte im Gebäude im einstelligen Meterbereich bestimmt werden. Durch das Anbringen von handelsüblichen Rechnern mit WLAN-Schnittstelle, wie zum Beispiel PDAs oder Notebooks, an den zu trackenden medizinischen Geräten ist sowohl die Ortung als auch die Statusabfrage, z.B. über die serielle Schnittstelle, technisch realisierbar. Diese Rechner werden im Folgenden als Trackingunits bezeichnet. Ein Nachteil ist die Größe der Trackingunits und die Notwendigkeit einer gesicherten, externen Stromversorgung aufgrund begrenzter Akkulaufzeiten (Notebook ca. 4 Stunden). Da es sich um eine Funktechnologie handelt, muss besonderes Augenmerk auf die elektromagnetische Verträglichkeit im Krankenhausumfeld gelegt werden.

## 3.2 Technologieauswahl

Die Tabelle 3.1 bietet einen Überblick der Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien.

**Tabelle 3.1: Technologievergleich**

	<b>EMV</b>	<b>Schnittstellen</b>	<b>Genauigkeit</b>	<b>Kosten</b>
<b>GSM</b>	--	--	+	--
<b>GPS</b>	++	--	-	+
<b>RFID</b>	++	--	++	-
<b>WLAN</b>	+	++	+	+

Da das Klinikum rechts der Isar bereits eine flächendeckende Versorgung mit WLAN plant, kann eine WLAN-Tracking-Lösung einfach und preisgünstig in die dann vorhandene Infrastruktur integriert werden. Wie aus unserer Anforderungsanalyse in Abschnitt 2.2 (Elektromagnetische Verträglichkeit) hervorgeht, werden alle Vorschriften bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit erfüllt. Die direkte Statusabfrage der Geräte, auf die vor allem das medizinische Personal großen Wert legt (siehe Abschnitt 9.1 Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse), ist realisierbar.

Für eine Positionsbestimmung mittels WLAN ist keine spezielle Hardware erforderlich. Handelsübliche Accesspoints und WLAN fähige Computer (Notebooks, PDA) sind bereits weit verbreitet. Diese Tatsache bietet eine sehr gute Ausgangslage für eine prototypische Implementierung, da nur geringe Initialkosten anfallen. Mit einer bereits vorhandenen WLAN-Infrastruktur, wie z.B. im FMI Gebäude der TU München, kann auf diese Weise in kurzer Zeit eine Testumgebung geschaffen werden.

Diese Überlegungen lassen uns zu dem Schluss kommen, dass die WLAN-Technologie die beste Wahl für unser Projekt darstellt.

### **3.3 Überblick über WLAN-Lösungen**

Es gibt auf dem Markt bereits eine Vielzahl verschiedener Anbieter für die Positionsbestimmung mittels WLAN. Dabei gibt es durchaus unterschiedliche Lösungsansätze. Einige Anbieter verwenden spezielle Hardware für das Tracking. Auf diese wird im Folgenden nicht näher eingegangen, da proprietäre Hardware die Integration in eine bestehende Infrastruktur, wie in unserem Fall am Klinikum rechts der Isar, verhindern kann. Anbieter, die Hardware ungebundene Lösungen anbieten, verwenden eine Tracking-Software, die auf einer Trackingunit installiert sein muss. Da in unserem Fall die Trackingunit zum Auslesen des Gerätestatus auch programmierbar sein muss, stellt dies keine Einschränkung dar.

Lösungen, die Geräte mit beliebiger Hardware ohne Client-Software orten können, sind noch nicht erhältlich. Deshalb beschäftigen wir uns ausschließlich mit den Software-Lösungen.

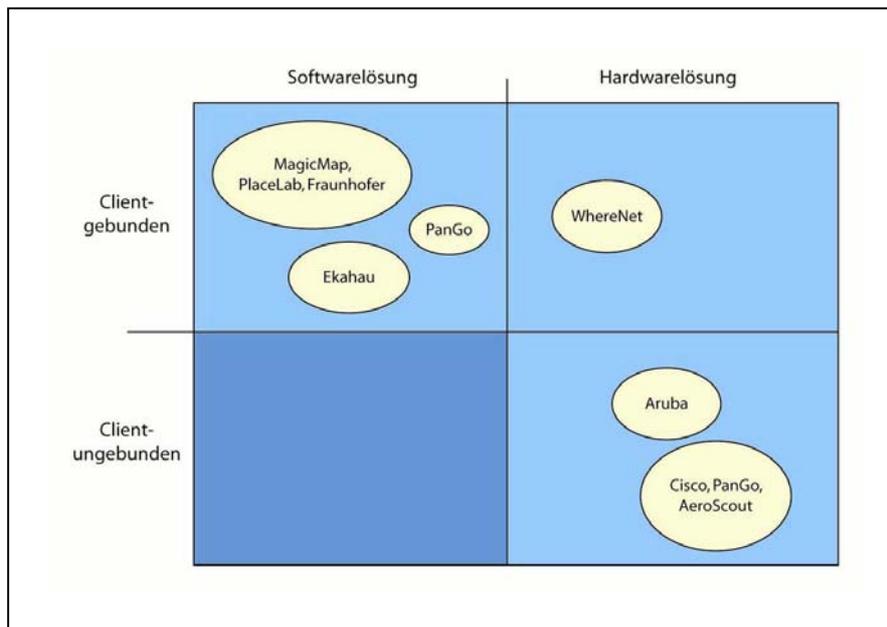


Abbildung 3.1: Klassifizierung der Tracking-Lösungen (Quelle: In Anlehnung an Esch, Weyde (2006))

### 3.3.1 PanGo

Die Firma PanGo Networks bietet eine dreiteilige Tracking-Lösung, bestehend aus der PanOS Platform, den PanGo Active RFID Tags und dem PanGo Locator (PanGo 2006).

Die PanOS Platform verwaltet die Gerätepositionsdaten, die von Location Providern geliefert werden. Standardmäßig gibt es zwei Provider. Die PanGo Wi-Fi RSSI Location Engine kann über Signalstärkemessungen die Positionen von PanGo Active RFID Tags und Geräten mit installierter Client-Software ermitteln. Der Cisco Location Provider erhält die Positionen von beliebigen WLAN-Geräten mittels spezieller Cisco Hardware, der Cisco 2700 Series Wireless Location Appliance. Weitere Location Provider können über eine Schnittstelle angebunden werden. Die reine Software-Lösung kann Geräte bis zu 3 Meter genau lokalisieren.

Der PanGo Locator enthält vier webbasierte Anwendungen. Der *Monitor* ermöglicht die Suche nach Geräten und ihre Anzeige auf einer Karte oder in einer Tabelle. Der *Notifier* kann den Benutzer bei bestimmten Ereignissen benachrichtigen. Das *Reporting* dient der Auswertung von Standorten und Bewegungsmustern. Mit *Configuration and Management* können die Geräte, Tags und Referenzpunkte verwaltet werden.

### 3.3.2 Ekahau

Die Firma Ekahau aus Finnland bietet eine Software-Lösung an, die durch spezielle Tags ergänzt wird. Die *Positioning Engine* von Ekahau besteht aus drei Komponenten (Ekahau 2006). Der Ekahau *Finder* bestimmt die Positionen der einzelnen Geräte. Der Ekahau *Tracker* liefert eine grafische Darstellung der Umgebung mit den getrackten Geräten und ermöglicht die Ausführung bestimmter Aktionen (z.B. das Auslösen eines Alarms) und die Benachrichtigung beim Bereichsübergang (z.B. das Verlassen des Gebäudes) einzelner

Geräte. Der Ekahau *Logger* speichert die Lokalisierungsdaten zur späteren Weiterverarbeitung, z.B. Analyse mit Drittanbieter-Software, in einer Datenbank ab.

Ekahau kann über ein Software Development Kit (SDK) in andere Anwendungen integriert werden. Zur Lokalisierung muss die Ekahau Client-Software auf den jeweiligen Geräten bzw. Trackingunits installiert werden. Momentan werden Windows und Windows Mobile als Plattformen unterstützt. Zusätzlich bietet Ekahau spezielle WLAN-Tags an, die von der Positioning Engine getrackt werden können.

### 3.3.3 Fraunhofer Locating System

Das Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen bietet das Fraunhofer Locating System als Hardware unabhängige Software-Lösung an, die unter den Betriebssystemen Windows und Windows Mobile eingesetzt werden kann (Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen 2006). Die Genauigkeit der Ortung wird mit 1 m bis 5 m angegeben und durch ein detailliertes Umgebungsmodell erreicht. Das Fraunhofer Locating System ermöglicht sowohl die Ortung auf dem Client, d.h. der Client kann seine eigene Position bestimmen, als auch die zentrale Ortung von mobilen Geräten. Für die Lokalisierung gibt es drei verschiedene Möglichkeiten:

- Die *Bereichsortung* dient zum Auslösen von Aktionen beim Bereichsübergang bestimmter Geräte, z.B. zur Überwachung von Bereichen wie Gebäuden, Gebäudeteilen und Räumen.
- Die *Spontanortung* für ressourcenschonenden Betrieb kann Geräte auf Abruf lokalisieren, das heißt, in der übrigen Zeit befinden sich die Geräte im Strom sparenden Standby-Modus.
- Die *kontinuierliche Ortung* liefert ständig aktuelle Positionen zur konstanten Lokalisierung verfügbarer Geräte.

Das Fraunhofer Locating System besitzt verschiedene Schnittstellen, beispielsweise die *LocAwareMulti* Schnittstelle, die Anwendungen die Positionsabfrage verschiedener mobiler Endgeräte erlaubt.

### 3.3.4 PlaceLab

Das OpenSource Projekt PlaceLab (LaMarca et al. 2005) wird von verschiedenen amerikanischen Universitäten in Zusammenarbeit mit Intel entwickelt. Diese Software-Lösung kann zusätzlich zu WLAN auch auf GSM und Bluetooth zur Positionsbestimmung zurückgreifen. Dazu verwendet der PlaceLab Client eine Datenbank mit den Positionen von WLAN-Accesspoints, Bluetooth Sendern und GSM Sendemasten. Da bei PlaceLab die hohe Verfügbarkeit von Positionierungsdaten, d.h. möglichst überall und unter allen Bedingungen tracken zu können, im Vordergrund steht und nicht das Indoor Tracking, wird lediglich eine Genauigkeit von 15 m erreicht. Der PlaceLab Software-Client ist zweigeteilt und besteht aus

einem plattformunabhängigen, in Java implementierten Teil, der unter anderem der grafischen Darstellung dient, und einem plattformspezifischen Teil, der die Hardware anspricht.

### **3.3.5 MagicMap**

Das von der Humboldt-Universität in Berlin entwickelte OpenSource Projekt MagicMap ist eine Hardware unabhängige Software-Lösung zum WLAN-Tracking (MagicMap 2006).

Die Positionsbestimmung erfolgt durch Signalstärkemessung von WLAN-Accesspoints. Das MagicMap System besteht aus einem zentralen MagicMapServer und aus einem oder mehreren MagicMapClients. Der Server verwaltet die Positionen der bekannten Accesspoints und der Clients. Der Client misst die Signalstärken der Accesspoints und errechnet aus diesen die eigene Position, welche dem Server mitgeteilt wird. Der MagicMapClient dient somit sowohl der grafischen Darstellung der getrackten Geräte als auch der Berechnung der aktuellen Position. Es wird aber bereits geplant, die Berechnung der Positionsdaten peer-to-peer abzuwickeln und auch die Positionen anderer Clients in das Berechnungsmodell aufzunehmen. Die Genauigkeit wird von den Entwicklern mit bis zu einem Meter angegeben. Die Unterscheidung verschiedener Stockwerke innerhalb eines Gebäudes ist gegenwärtig noch nicht implementiert. Die Entwickler haben diese Erweiterung allerdings für die nächste Programmversion angekündigt. Momentan gibt es zwei Varianten der Client-Software: eine plattformunabhängige auf Java basierende und eine für Windows Mobile Betriebssystem.

## **3.4 Lösungsauswahl**

Für den Einsatz am Klinikum rechts der Isar stehen geringe Kosten und gute Anpassbarkeit auf bestehende und geplante Infrastruktur im Vordergrund. Für unser Projekt ist wichtig, dass die gewählte Tracking-Lösung sowohl rechtzeitig verfügbar als auch gut in unsere prototypische Software einzubinden ist. Eine hohe Flexibilität in Bezug auf die einsetzbaren Betriebssysteme und Hardware-Plattformen muss gewährleistet sein. Es stehen drei kommerzielle Lösungen und zwei OpenSource Projekte zur Auswahl. Die Lösungen Ekahau und Fraunhofer Locating System benötigen momentan Windows bzw. Windows Mobile, was sie sehr unflexibel in ihren Einsatzmöglichkeiten macht. In Bezug auf Kosten und Möglichkeiten zur Einbindung in unseren Prototypen fallen die kommerziellen Lösungen hinter den OpenSource Projekten, die gratis zum Download stehen und deren Quellcode frei einsehbar ist, zurück.

Darüber hinaus ist fraglich, ob die kommerziellen Hersteller ein Testsystem kostenlos und rechtzeitig zur Verfügung stellen, da wir von ihnen bis jetzt noch keine Antwort auf unsere Anfragen erhalten haben. Deshalb kommen die kommerziellen Anbieter momentan für unser Projekt nicht in Frage. Bei näherer Betrachtung der beiden OpenSource Lösungen fällt die geringe Positionierungsgenauigkeit von PlaceLab ins Auge. Eine Abweichung von 15 m ist für eine Indoor Tracking-Anwendung im Krankenhausumfeld ungenügend. Das MagicMap System der Humboldt-Universität Berlin zeichnet sich durch mehrere Faktoren aus. Da die Tracking-Software in Java implementiert ist, ist diese plattformunabhängig einsetzbar. Sie

lässt sich gut in unsere prototypische Lösung einbinden. Die hohe Genauigkeit bei der Positionsbestimmung und die Ankündigungen der Entwickler für zukünftige Programmversionen von MagicMap relativieren auch momentane Schwächen, z.B. die fehlende Möglichkeit, Stockwerke unterscheiden zu können. Aufgrund der Anforderungen fällt die Wahl der eingesetzten Tracking-Lösung daher auf das MagicMap System der Humboldt-Universität Berlin.

## **4 Fachkonzept**

Aus dem in der Anforderungsanalyse erarbeiteten Lasten- und Pflichtenheft (siehe Kapitel 9 Anhang) wurde ein Fachkonzept entwickelt, das die formulierten Anforderungen umsetzt. Hierbei mussten die gegebenen Einschränkungen des Projektes berücksichtigt werden. Diese Restriktionen und das Konzept werden in diesem Kapitel vorgestellt.

Da es sich um ein Konzept für einen Prototypen handelt, wird nicht zwischen verschiedenen Benutzerrollen unterschieden.

### **4.1 Restriktionen**

Im Verlauf des Projektes ergaben sich Restriktionen, die die Umsetzung der Anforderungen erheblich beeinflussten.

Im Klinikum rechts der Isar ist keine zentrale, netzwerkfähige Stammdatenbank vorhanden. Das TTMRI System benötigt aktuelle Stammdaten, um eine Suche nach Geräten in der Benutzeroberfläche zu ermöglichen. Aus diesen Gründen wurde eine Momentaufnahme der Stammdaten verwendet, um die Stammdatenanbindung vorzubereiten.

Die von den Bearbeitern des Projektes eingebrachte Hardware wurde zur Umsetzung, Darstellung und zum Test des Prototypen genutzt, da das MRI im Zeitrahmen des Projektes weder Hardware noch medizinische Geräte zur Verfügung stellen konnte.

Um die Statusabfrage zu realisieren, wäre eine Implementierung des MEDIBUS Protokolls die beste Lösung gewesen. MEDIBUS ist ein standardisiertes Protokoll zur Kommunikation mit medizinischen Geräten (Dräger Medical AG). Unter anderem ist über MEDIBUS die Abfrage von aktuellen Statusdaten oder Alarmmeldungen möglich. MEDIBUS wird von vielen Herstellern medizinischer Geräte unterstützt und ist damit zum Standard geworden. Da den Bearbeitern die Spezifikationen des Protokolls nicht zugänglich waren, wird dessen Implementierung lediglich vorbereitet, indem umfangreiche Möglichkeiten zur Kommunikation über serielle RS-232 Schnittstellen in das TTMRI System integriert werden.

Ursprünglich waren im Rahmen einer internen Messe am Rechenzentrum des MRI eine Vorführung und ein Test des TTMRI Systems geplant, die mangels Hardware und WLAN-Infrastruktur nicht stattfinden konnten. Deshalb wurde ein Betriebstest im Gebäude der Fakultäten für Mathematik und Informatik der Technischen Universität München (FMI) durchgeführt. Es ist anzumerken, dass die WLAN-Infrastruktur des FMI Gebäudes nicht für Tracking-Anwendungen ausgelegt ist und, dass keine genauen Informationen über die Positionen oder Anzahl der aktiven Accesspoints vorhanden sind. Das beeinflusst die Durchführung und die Ergebnisse des Tests deutlich.

Die Betrachtung des im Folgenden vorgestellten Fachkonzepts muss unter Berücksichtigung dieser Restriktionen erfolgen.

## 4.2 Aufbau

Benutzer können mit dem TTMRI Client in den bereitgestellten Stammdaten nach Geräten suchen. Als Ergebnis wird eine Liste von Geräten sowie eine grafische Darstellung von Position und Status der gefundenen Geräte geliefert. Die Interaktion erfolgt ausschließlich über die Benutzeroberfläche.

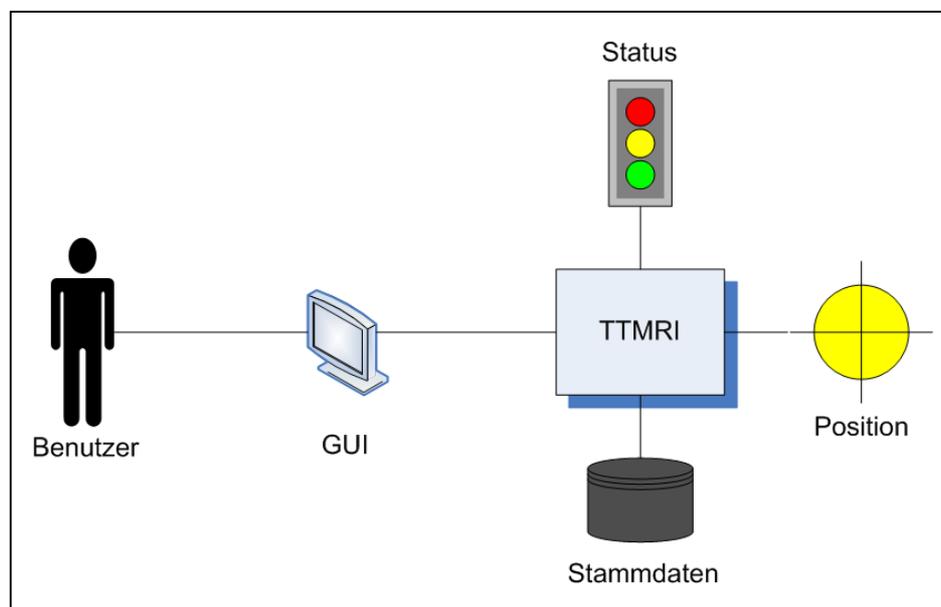


Abbildung 4.1: Aufbau (eigene Darstellung)

Das System hinter der Benutzeroberfläche ist, wie in Abbildung 4.1 dargestellt, modular aufgebaut. Dies ermöglicht den einfachen Austausch von Teilkomponenten. Es kann z.B. leicht eine andere Tracking-Lösung eingesetzt oder eine Anbindung an eine SAP Stammdatenverwaltung realisiert werden. Besonderer Wert wird auf die Plattformunabhängigkeit gelegt. Der Einsatz der Programmiersprache Java gewährleistet die leichte Übertragbarkeit der Software auf diverse mobile Clients und schafft einen breiten Entscheidungsspielraum bei Hardware-Neuanschaffung und Auswahl der Trackingunits. Denkbare Szenarien, bei denen die Plattformunabhängigkeit eine wichtige Rolle spielen, sind der Abruf von Gerätestandort und Gerätestatus via PDA und der Einsatz von Embedded Systems als Trackingunits.

Die Kommunikation erfolgt über WebServices, um die Modularität des Systems zu unterstützen. Abbildung 4.2 zeigt den Datenfluss zwischen der Trackingunit und dem TTMRI System.

### 4.2.1 Lokalisierung

In Kapitel 3 (Analyse am Markt erhältlicher Technologien und Lösungsangebote) wurden verschiedene Tracking-Lösungen evaluiert. Zusammen mit den Ergebnissen der Anforderungsanalyse haben wir uns für die OpenSource-Software MagicMap der Humboldt-

Universität Berlin zur Positionsbestimmung entschieden (siehe Abschnitt 3.4 Lösungsauswahl). Jeder Client bestimmt seine Position mittels der installierten MagicMap Client-Software und übermittelt diese an einen Server. Der MagicMapServer kann mehrere Gebäude bzw. Gebäudebereiche unabhängig voneinander verwalten. Zur Anzeige werden Gebäudepläne benötigt, die auf dem Server hinterlegt sind. In der aktuellen Programmversion von MagicMap können noch keine Stockwerke unterschieden werden, deshalb wird hierfür eine serverseitige Lösung implementiert. Durch die Verwendung mehrerer Gebäudepläne ist es möglich, Stockwerke bzw. Gebäudeteile zu simulieren, allerdings mit der Einschränkung, dass der Wechsel des Gebäudeplanes vom Client manuell durchgeführt werden muss. Wenn ein Gerät in ein anderes Stockwerk verbracht wird, muss vom Bedienpersonal der Wechsel des Stockwerkes durch Wechseln des Gebäudeplanes in MagicMap durchgeführt werden.

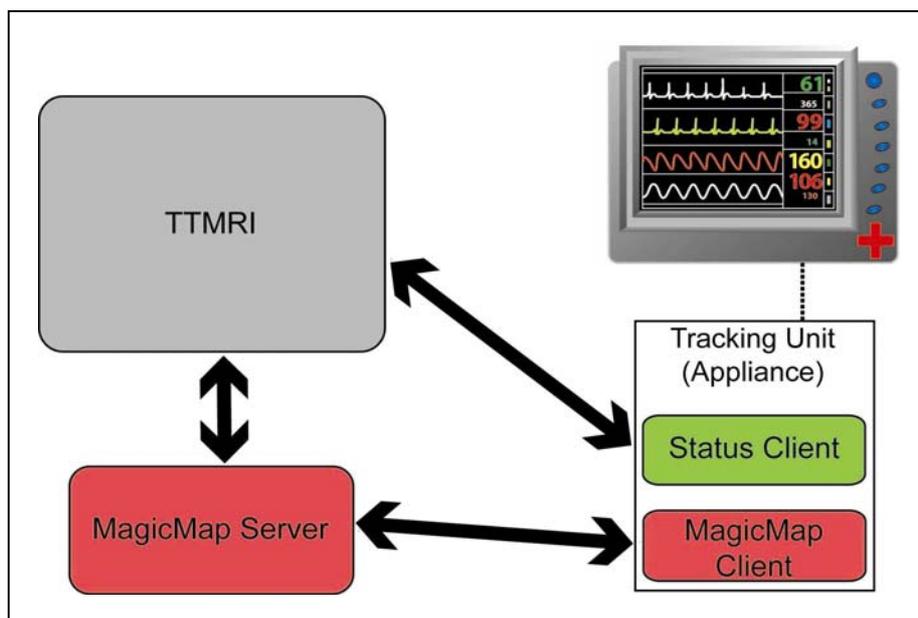


Abbildung 4.2: Datenfluss zwischen Trackingunit und TTMRI (eigene Darstellung)

Um die ermittelten Anforderungen zu erfüllen, wird wie folgt vorgegangen. An den medizinischen Geräten wird eine Trackingunit (Notebook, PDA, usw.) befestigt. Auf dieser Trackingunit wird die MagicMap Client-Software installiert, die die Position des Gerätes berechnet. Die Position wird an den zu installierenden MagicMap Server übertragen. Das TTMRI System kann die Position der Trackingunits zur weiteren Verwendung vom MagicMapServer abrufen.

#### 4.2.2 Statusabfrage

Die Betriebsbereitschaft der Geräte spielt, wie in Abschnitt 9.1 (Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse) zu lesen ist, für das medizinische Personal eine große Rolle. Das medizinische Gerät und die daran befestigte Trackingunit werden über eine serielle RS232-Schnittstelle miteinander verbunden, was die Abfrage von Statusinformationen ermöglicht. Anhand der ermittelten Parameter können Rückschlüsse auf den Status gezogen werden. Der Status des medizinischen Gerätes wird in der Trackingunit zwischengespeichert und in

regelmäßigen Abständen an das TTMRI System übermittelt. Die Übermittlung der Statusinformationen erfolgt über einen Webservice Aufruf. Der Gerätestatus wird dem Benutzer in der grafischen Oberfläche angezeigt.

In unserer Implementierung konzentrieren wir uns auf vier verschiedene Darstellungsformen, die als Ampelsymbole realisiert werden:

- Grüne Ampel, das Gerät ist einsatzbereit (*Ready*)
- Gelbe Ampel, das Gerät wird derzeit verwendet (*In use*)
- Rote Ampel, das Gerät benötigt Wartung bzw. hat eine Fehlfunktion (*Out of order*)
- Rotes Kreuz, das Gerät ist entweder nicht angemeldet oder es wurden zu lange keine Status Updates übermittelt (*Offline*)

### 4.2.3 Stammdaten

Aus den Interviews am Klinikum rechts der Isar geht hervor, dass statt einer reinen Positionsanzeige aller Geräte viel mehr eine gezielte Suche nach bestimmten Geräten bzw. Gerätegruppen mit bestimmten Eigenschaften, wie z.B. Hersteller und Modell, erwünscht ist.

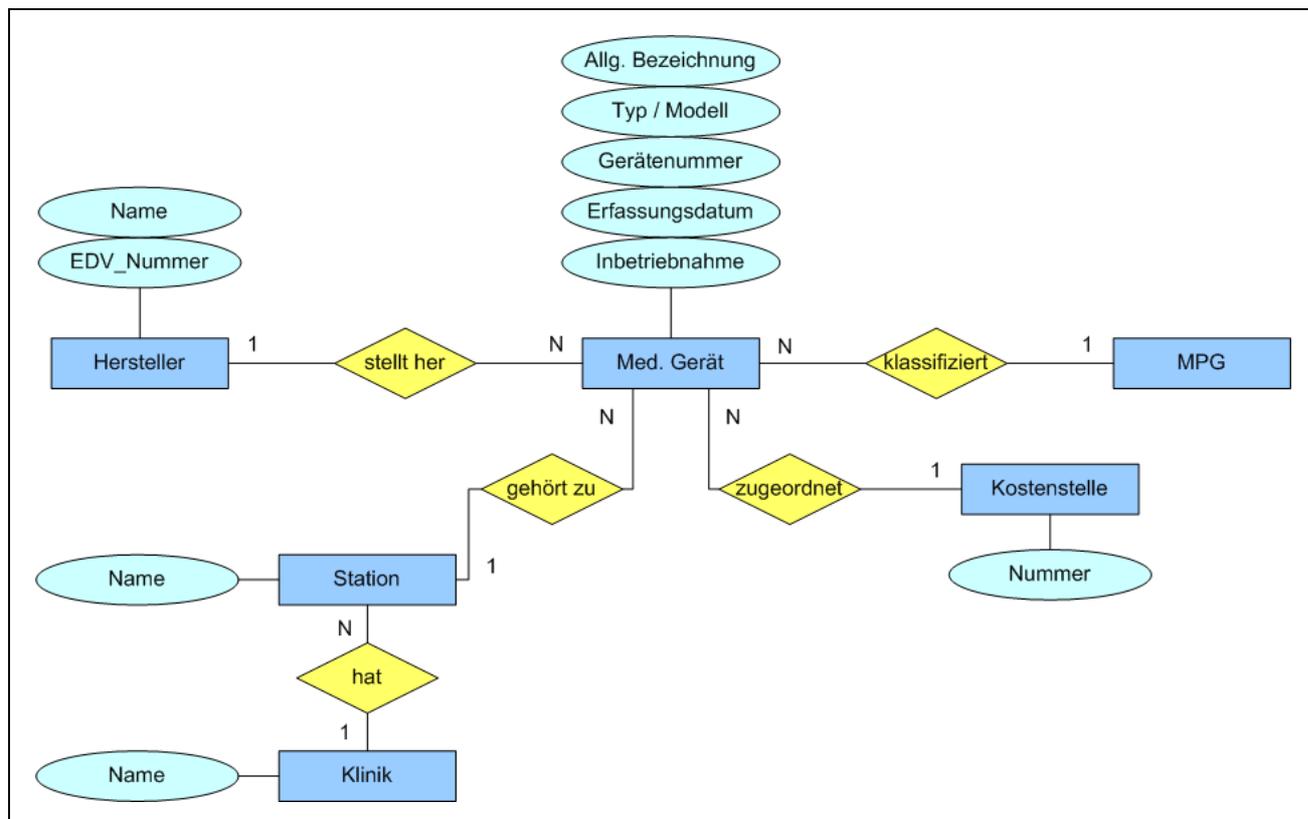


Abbildung 4.3: Logisches Datenmodell – ER-Diagramm in Chen Notation (eigene Darstellung)

In der Implementierung soll dem Benutzer ein möglichst realistisches Bild der späteren Anwendung vermittelt werden. Dies wird durch eine umfangreiche und authentische Auswahl medizinischer Gerätedaten zur Veranschaulichung der Suchfunktion und Detailinformationsanzeige gefördert. Der Benutzer kann so bereits im Testaufbau verschiedene Suchanfragen durchführen, die den Anforderungen im Klinikalltag sehr nahe kommen, z.B. die Auflistung aller Beatmungsgeräte oder aller Geräte einer bestimmten Kostenstelle.

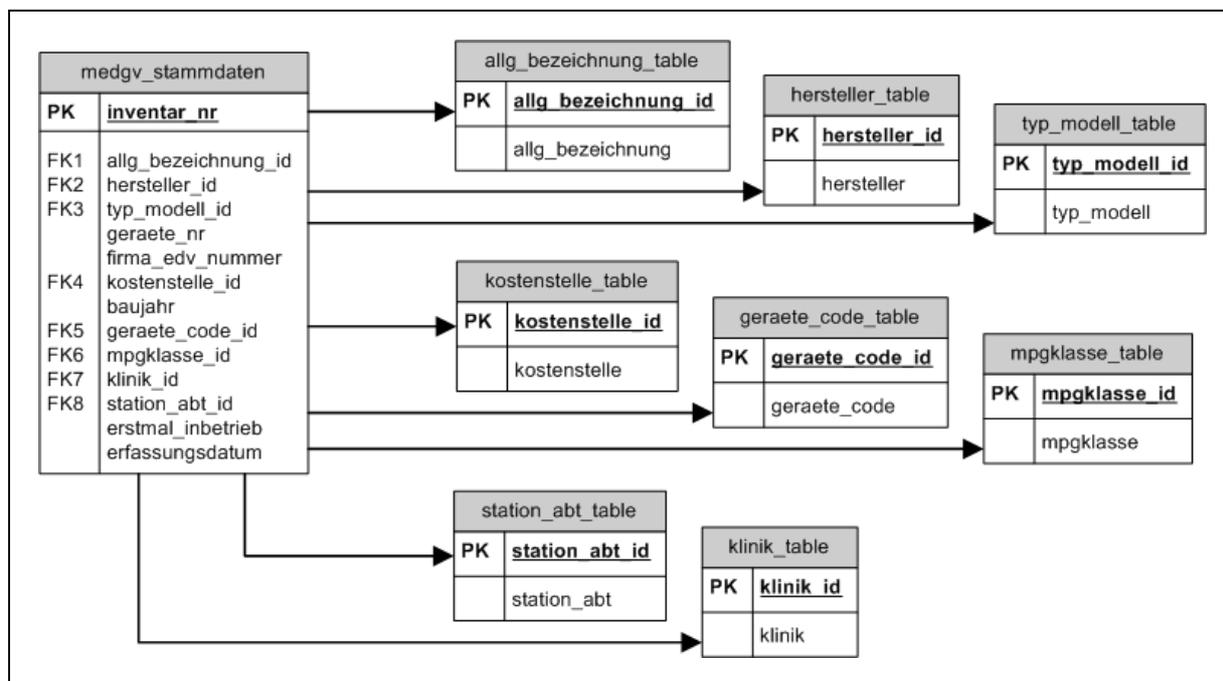


Abbildung 4.4: Stammdatenmodell – Tabellenstruktur (eigene Darstellung)

Um diesen Grad an Realismus zu erreichen, wird eine Datenbank mit den Stammdaten medizinischer Geräte benötigt, die die Test-Software mit den nötigen Informationen versorgt. Momentan gibt es am MRI keine zentrale, über das Netzwerk zugängliche Datenbank der Gerätestammdaten. Für unsere prototypische Implementierung haben wir einen Snapshot der MEDOC Datenbank zur Verfügung gestellt bekommen. Da es sich hierbei lediglich um eine einzige Tabelle, sozusagen eine erweiterte Geräteliste, handelt, ist die Generierung einer netzwerkfähigen, normalisierten Datenbank notwendig. Wir beschränken uns hierbei auf die für Testzwecke relevanten Geräteinformationen. Die Inventarnummer wird als eindeutiger Bezeichner verwendet, um die Trackingunits, und damit die medizinischen Geräte, zu identifizieren. Abbildung 4.4 zeigt den Aufbau der Datenbank für die benötigten Gerätestammdaten.

Die Implementierung erfolgt mit PostgreSQL, einer weit verbreiteten OpenSource Datenbanklösung. PostgreSQL verfügt über eine gute Benutzerdokumentation, Administrations-Software für verschiedene Betriebssysteme und einen JDBC Treiber zur Anbindung an Java.

Eine spätere Anbindung an eine zukünftige zentrale Datenbank der Gerätestammdaten kann durch den modularen Aufbau des TTMRI Systems, das lediglich einen lesenden Zugriff auf die Stammdaten benötigt, leicht erreicht werden.

#### **4.2.4 Grafische Benutzeroberfläche**

Die grafische Benutzeroberfläche stellt die Schnittstelle zum Benutzer dar. Hier kann sich ein Benutzer im System anmelden, wodurch eine Verbindung zum TTMRI Server aufgebaut wird. Anschließend steht eine Suchfunktion zur Verfügung, bei der, durch eine Kombination von verschiedenen Parametern, z.B. Hersteller und Modell, nach einem einzelnen Gerät oder nach einer Gerätegruppe gesucht werden kann. Die Parameter werden über die TTMRI Middleware an die Stammdatenbank weitergeleitet. Das Ergebnis der Suche wird in Form einer Liste dargestellt und die Position der einzelnen Geräte werden grafisch durch ein Symbol und den jeweiligen eindeutigen Bezeichner (Inventarnummer) auf einem Gebäudeplan angezeigt. Aus Farbe und Form des Symbols ist der Status des Gerätes abzulesen. Jedes Stockwerk wird anhand eines eigenen Gebäudeplans dargestellt. Die Gebäudepläne sind auf einem zentralen Server hinterlegt. Wenn ein Gerät in der Ergebnisliste oder auf einem Gebäudeplan ausgewählt wird, werden Detailinformationen zu diesem Gerät aus der Stammdatendank angezeigt. Die grafische Positionsanzeige wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Das Intervall dieser Aktualisierungen (Updaterate) kann geändert werden. Es besteht auch die Möglichkeit, eine neue Suche durchzuführen.

#### **4.3 Datenschutz und Sicherheit**

Da das TTMRI System als Proof-of-Concept dienen und nicht produktiv eingesetzt werden soll, wird kein besonderes Augenmerk auf Sicherheitsmerkmale, wie Authentifizierung oder Verschlüsselung gelegt.

MagicMap bietet rudimentäre Authentifizierungsfunktionen. Wenn sich ein Client erstmals mit dem MagicMapServer verbindet, wird neben dem Client-Namen auch ein Passwort übermittelt, das vom MagicMapServer gespeichert wird. Dadurch wird verhindert, dass sich ein anderer Client mit demselben Namen mit dem MagicMapServer verbinden kann. Es kann aber nicht verhindert werden, dass sich unbekannte Clients mit dem Server verbinden, welche dadurch in der Lage sind, die Positionen aller angemeldeten medizinischen Geräte abzufragen. Die gesamte Netzwerkkommunikation erfolgt unverschlüsselt.

Das TTMRI System selbst verwendet weder Authentifizierung noch Verschlüsselung für die Netzwerkkommunikation. Eine mögliche Abhilfe wäre die Verwendung eines Virtual Private Network (VPN), um die Kommunikation zu schützen.

## 5 Implementierung

In diesem Kapitel wird die Implementierung des TTMRI System erläutert. Nach der Erklärung der Systemarchitektur folgt die Beschreibung der Teilsysteme des TTMRI Systems inklusive Beschreibungen der Objektmodelle.

### 5.1 Systemarchitektur

Die Architektur des TTMRI Systems wurde so gewählt, dass das Gesamtsystem modular aufgebaut ist und einzelne Komponenten leicht ausgetauscht werden können, ohne dass das Gesamtsystem geändert werden muss.

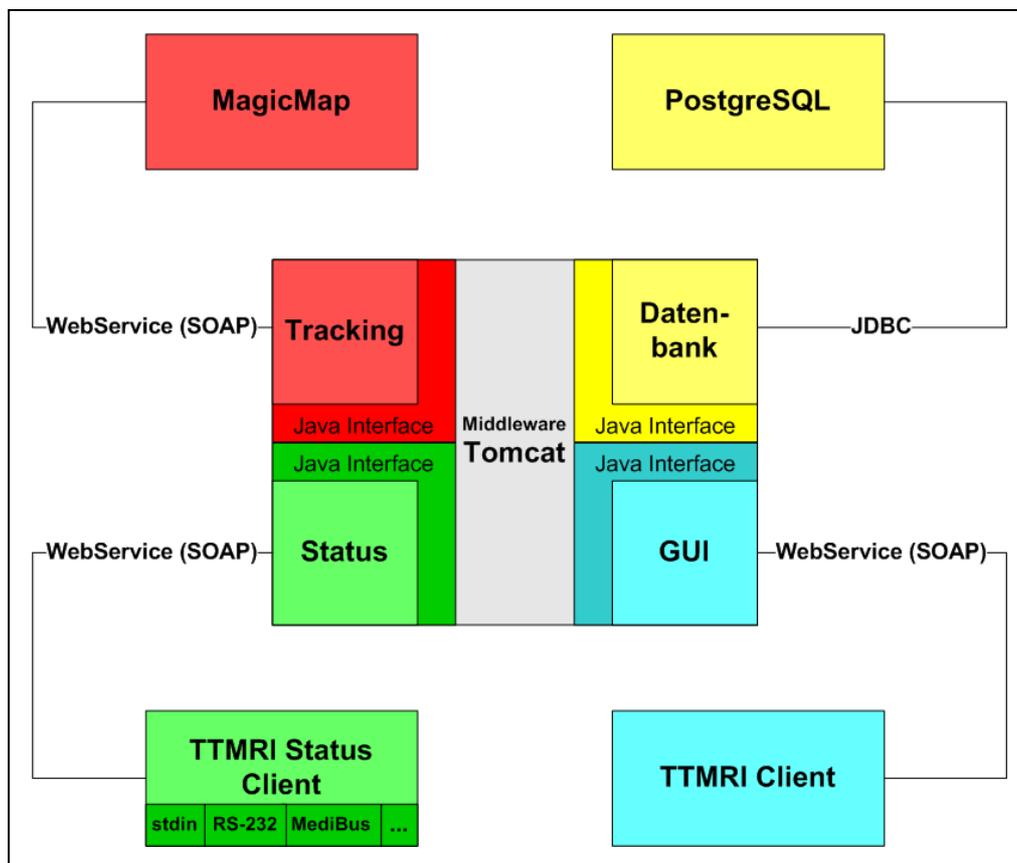


Abbildung 5.1: TTMRI Systemarchitektur (eigene Darstellung)

Das System besteht aus der zentralen Middleware, welche auf einem Apache Tomcat Server<sup>4</sup> implementiert ist. Mit dieser Middleware kommunizieren vier externe Komponenten:

- die Lokalisierung der medizinischen Geräte
- die Ermittlung von aktuellen Statusinformationen

<sup>4</sup> Homepage des Apache Tomcat: <http://tomcat.apache.org>, zugegriffen am 26.05.2006

- die Stammdatenbank
- die grafische Benutzeroberfläche

Abbildung 5.1 stellt den Aufbau des TTMRI Systems grafisch dar. Die Middleware agiert als Datendrehscheibe des Gesamtsystems. Hier laufen aktuelle Positionsdaten, Stammdaten und aktuelle Statusinformationen der medizinischen Geräte zusammen. Die Middleware selbst untergliedert sich ebenfalls in einzelne Module, wobei jedes Modul für die Verwaltung und Anbindung einer externen Komponente zuständig ist. Die Funktionalität der einzelnen Module, mit Ausnahme der grafischen Benutzeroberfläche, ist mittels Java Interface Klassen genau spezifiziert, so dass es relativ leicht möglich ist, eine externe Komponente und gegebenenfalls dessen Modul in der Middleware zu ersetzen. Die Kommunikation zwischen der Middleware und der grafischen Benutzeroberfläche des TTMRI Systems (TTMRI Client) sowie die Kommunikation zwischen Middleware und der Statusabfrage (TTMRI StatusClient) erfolgt über einen von der Middleware bereitgestellten Webservice. Die Anbindung des MagicMap Systems zur Positionsbestimmung geschieht über einen von MagicMap bereitgestellten Webservice. Die Anbindung der Stammdatenbank wird mittels des JDBC realisiert. Als Webservice Technologie wird hierbei SOAP<sup>5</sup> mittels Apache Axis<sup>6</sup> verwendet.

In Tabelle 5.1 sind die vom TTMRI Webservice bereitgestellten Funktionen angeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen und ihrer Parameter erfolgt bei der Erläuterung der jeweiligen Komponente.

**Tabelle 5.1: ttMRIWebService Funktionen**

<b>Funktionsname</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Assoziierte Komponente</b>
<i>getAllMaps</i>	Liefert ein Array aller bekannten Gebäudepläne zurück.	GUI
<i>getMapByIdentifizier</i>	Liefert den Gebäudeplan, der durch den angegebenen Identifizier spezifiziert ist, zurück.	GUI
<i>updateMainStatus</i>	Aktualisiert den Status eines medizinischen Gerätes.	Statusabfrage / TTMRI StatusClient
<i>getMainStatus</i>	Liefert den Status eines Gerätes zurück.	Statusabfrage / GUI
<i>getMultiMainStatus</i>	Liefert die Status einer Menge von Geräten zurück.	Statusabfrage / GUI

<sup>5</sup> SOAP Spezifikation: <http://www.w3.org/TR/soap>, zugegriffen am 16.05.2006

<sup>6</sup> Homepage des Axis Projekts: <http://ws.apache.org/axis>, zugegriffen am 16.05.2006

<i>getPosition</i>	Liefert die Position eines Gerätes zurück.	Positionsbestimmung / GUI
<i>getMultiPositions</i>	Liefert die Positionen einer Menge von Geräten zurück.	Positionsbestimmung / GUI
<i>getRowsByHersteller</i>	Liefert alle Geräte eines Herstellers.	Stammdaten / GUI
<i>getRowByInventar_Nr</i>	Liefert Gerät mit bestimmter Inventarnummer.	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByMPGKlasse</i>	Liefert alle Geräte einer MPG Klasse	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByKlinik</i>	Liefert alle Geräte, die einer Klinik zugeordnet sind.	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByAllg_Bezeichnung</i>	Liefert alle Geräte mit einer bestimmten allgemeinen Bezeichnung.	Stammdaten / GUI
<i>getAllInventar_Nr</i>	Liefert eine Liste aller Inventarnummern.	Stammdaten / GUI
<i>getAllHersteller</i>	Liefert eine Liste aller Hersteller.	Stammdaten / GUI
<i>getAllKlinik</i>	Liefert eine Liste aller Kliniken.	Stammdaten / GUI
<i>getAllKostenstelle</i>	Liefert eine Liste aller Kostenstellen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllStation_Abt</i>	Liefert eine Liste aller Stationen bzw. Abteilungen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllMPGKlasse</i>	Liefert eine Liste aller MPG Klassen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllAllg_Bezeichnung</i>	Liefert eine Liste aller allgemeinen Bezeichnungen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllRows</i>	Liefert eine Liste aller Geräte.	Stammdaten / GUI
<i>searchAllColumns</i>	Ist eine Kombination der <i>getRowsBy()</i> Funktionen. Es kann nach einer Kombination von je einem Hersteller, MPG Klasse, etc. gesucht werden.	Stammdaten / GUI

## 5.2 Teilsystem Lokalisierung

Die eigentliche Positionsermittlung wird mit Hilfe der MagicMap Software durchgeführt. MagicMap ist als Client-Server System zur Positionsbestimmung mittels WLAN-Ortung konzipiert. Ein zentraler Server verwaltet die Positionen aller WLAN-Accesspoints und aller MagicMapClients und stellt diese den MagicMapClients zur Verfügung. Die Positionsberechnung wird von den MagicMapClients selbst durchgeführt. Sie erhalten vom MagicMapServer den aktuellen Gebäudeplan mit den Positionen der Accesspoints und der anderen Clients. Des Weiteren erhalten die MagicMapClients von einer Unterstützungs-Software die gemessenen Empfangssignalstärken aller Accesspoints in Reichweite. Als Unterstützungs-Software kommt hierbei unter Windows *NetStumbler*<sup>7</sup> und unter Linux *Wireless Tools* zum Einsatz. Die vom MagicMapClient errechnete Position wird an den MagicMapServer übermittelt, welcher die aktualisierten Positionsdaten an die anderen Clients weiterverteilt.

Der MagicMapServer kann verschiedene Karten bzw. Gebäudepläne verwalten, wobei die Gebäudepläne komplett unabhängig voneinander sind. Eine Unterscheidung von Stockwerken in einem Gebäude ist mit MagicMap nicht möglich. Die Positionen der Accesspoints und der Clients werden für jeden Gebäudeplan getrennt verwaltet. Ein MagicMapClient muss sich mit genau einem Gebäudeplan verbinden, ein automatischer Wechsel des Gebäudeplanes ist nicht vorgesehen. Ein manueller Wechsel des Gebäudeplanes ist möglich. In diesem Fall speichert MagicMap die letzte bekannte Position des Clients für jeden Gebäudeplan, auf dem der Client einmal angemeldet war, ab.

Die Middleware muss demzufolge die Positionen der einzelnen Geräte nicht selbst ermitteln, sondern sie benötigt lediglich eine Anbindung an den MagicMapServer, um von diesem die Positionsdaten zu erhalten. Durch die Verwendung mehrerer Gebäudepläne ist es möglich, Stockwerke bzw. Gebäudeteile zu simulieren, allerdings mit der Einschränkung, dass der Wechsel des Gebäudeplanes vom Client manuell durchgeführt werden muss. Wenn ein Gerät in ein anderes Stockwerk verbracht wird, muss vom Bedienpersonal der Wechsel des Stockwerkes an der Trackingunit durch Wechseln des Gebäudeplanes in MagicMap durchgeführt werden. Die Middleware muss für jeden zu verwendenden Gebäudeplan eine eigene Verbindung mit dem MagicMapServer herstellen und sich in jeder Verbindung auf einem anderen Gebäudeplan anmelden. Das TTMRI System ist aus Sicht des MagicMapServers eine Mehrzahl passiver Clients, einer pro Gebäudeplan, die lediglich Positionsdaten abfragen, aber keine Positionsdaten liefern.

In regelmäßigen Abständen fragt die Middleware den MagicMapServer nach neuen Positionsdaten. Es ist hierbei zu beachten, dass MagicMap nur jene Positionen übermittelt, die sich seit der letzten Abfrage verändert haben. Dies geschieht, um das übertragene Datenvolumen zu reduzieren. Außerdem kann es vorkommen, dass für ein Gerät Positionsdaten auf mehr als einem Gebäudeplan vorliegen, falls das Gerät auf mehreren Gebäudeplänen angemeldet war. In diesem Fall darf nur jene Position berücksichtigt werden, die sich zuletzt geändert hat. Da MagicMap zu jeder Position einen Zeitstempel mit der Zeit der letzten Änderung mitliefert, ist dies kein Problem.

---

<sup>7</sup> Homepage der NetStumbler Software: <http://www.netstumbler.com>, zugegriffen am 16.05.2006

Aus den oben genannten Punkten (differentielle Übertragung der Positionen, nur aktuellste Position darf verwendet werden) folgt die Notwendigkeit, in der Middleware die von MagicMap erhalten Positionen zwischenspeichern. Diese interne Zwischenspeicherung wird mittels des Hashing-Verfahrens realisiert, wodurch das System auch bei großen Datenmengen skaliert. Als Schlüssel in der Hashtabelle wird die eindeutige Inventarnummer der Trackingunit bzw. des medizinischen Gerätes verwendet.

Die von MagicMap gelieferten Koordinaten sind Pixelkoordinaten des jeweiligen Gebäudeplanes. Um eine Vereinheitlichung der Positionen auf allen Gebäudeplänen zu erreichen, werden diese Pixelkoordinaten vom TTMRI System in den Bereich zwischen 0 und 1,0 normiert.

### 5.2.1 Objektmodell Lokalisierung

Die *MagicMapMaps* Klasse (Tabelle 5.2) modelliert einen Gebäudeplan im TTMRI System. Sie enthält zum einen Informationen über den mit diesem Gebäudeplan assoziierten MagicMapServer und zum anderen Informationen für die Verarbeitung im TTMRI System.

**Tabelle 5.2: MagicMapMaps Klasse**

<b>Attribut</b>	<b>Bedeutung</b>
<i>hostname</i>	Der Hostname des MagicMapServers, auf dem diese Karte gespeichert ist.
<i>port</i>	Die Portnummer, auf der der MagicMapServer horcht.
<i>mapName</i>	Der Name der Karten, wie er vom MagicMapServer verwendet wird.
<i>mapIdentifizier</i>	Eine eindeutige Bezeichnung, die vom TTMRI System verwendet wird, beispielsweise wird der <i>mapIdentifizier</i> in der GUI zur Darstellung der Karte genommen. Bsp: „Rechenzentrum, EG“
<i>width</i>	Die Breite der Karte in Pixel.
<i>height</i>	Die Höhe der Karte in Pixel. Width und height werden benötigt, um die vom MagicMapServer zurückgelieferten Pixelkoordinaten in relative Koordinaten transformieren zu können.
<i>imageURL</i>	Die URL, an der das Bild der Karte (z.B. als jpg oder png) heruntergeladen werden kann.

Die *Position* Klasse (Tabelle 5.3) modelliert eine bestimmte Position auf einer Karte. Eine Instanz der Position Klasse referenziert eine eindeutig bestimmte Position.

**Tabelle 5.3: Position Klasse**

<b>Attribut</b>	<b>Bedeutung</b>
<i>mapIdentifizier</i>	Die eindeutige Bezeichnung der Karte, auf dem sich das Gerät befindet. Dieser Identifizier entspricht dem <i>mapIdentifizier</i> der <i>MagicMapMaps</i> Klasse.
<i>x</i>	Die X-Koordinate, an der sich das Gerät befindet. Ein relativer Wert zwischen 0 und 1.0.
<i>y</i>	Die Y-Koordinate, an der sich das Gerät befindet. Ein relativer Wert zwischen 0 und 1.0.
<i>lastModified</i>	Der Zeitstempel, an dem diese Position zuletzt geändert wurde. Dieser Zeitstempel wird benötigt, um den Gebäudeplan zu identifizieren, auf dem sich das Gerät zuletzt angemeldet hat.

Die *TrackingInterface* Klasse stellt die Schnittstelle zwischen dem Lokalisierungssystem und dem restlichen TTMRI System dar. Das Interface besteht aus zwei Methoden, *getPosition(unit)* liefert die Position der gesuchten Trackingunit in Form eines Position Objektes zurück und *getMultiPositions(units[])* liefert alle gesuchten Positionen in Form einer Hashtabelle zurück. Der Schlüssel für die Hashtabelle ist hierbei der Name der Trackingunit und das Objekt ist ein Position Objekt.

Die *MagicMapLocator* Klasse implementiert das *TrackingInterface*. Sie instanziiert für jede benötigte MagicMap Karte eine *ttmriServerPoller* Klasse.

Ein *ttmriServerPoller* überwacht je eine Verbindung zu einem MagicMapServer mit einer bestimmten Karte. Es wird ein *ttmriServerPoller* pro Karte benötigt, auch wenn mehrere Karten auf demselben MagicMapServer liegen. Die eigentliche Kommunikation mit dem MagicMapServer wird mittels der *ttmriSOAPServersManager* Klasse realisiert. Diese beiden Klassen, *ttmriServerPoller* und *ttmriSOAPServersManager* wurden aus dem MagicMapClient übernommen und modifiziert.

Die *ttmriSOAPServersManager* Klasse ist für die Kommunikation mit dem MagicMapServer zuständig. Jeder *ttmriServerPoller* instanziiert genau einen *ttmriSOAPServersManager*.

Abbildung 5.2 zeigt das Klassendiagramm des Lokalisierungs Teilsystems.

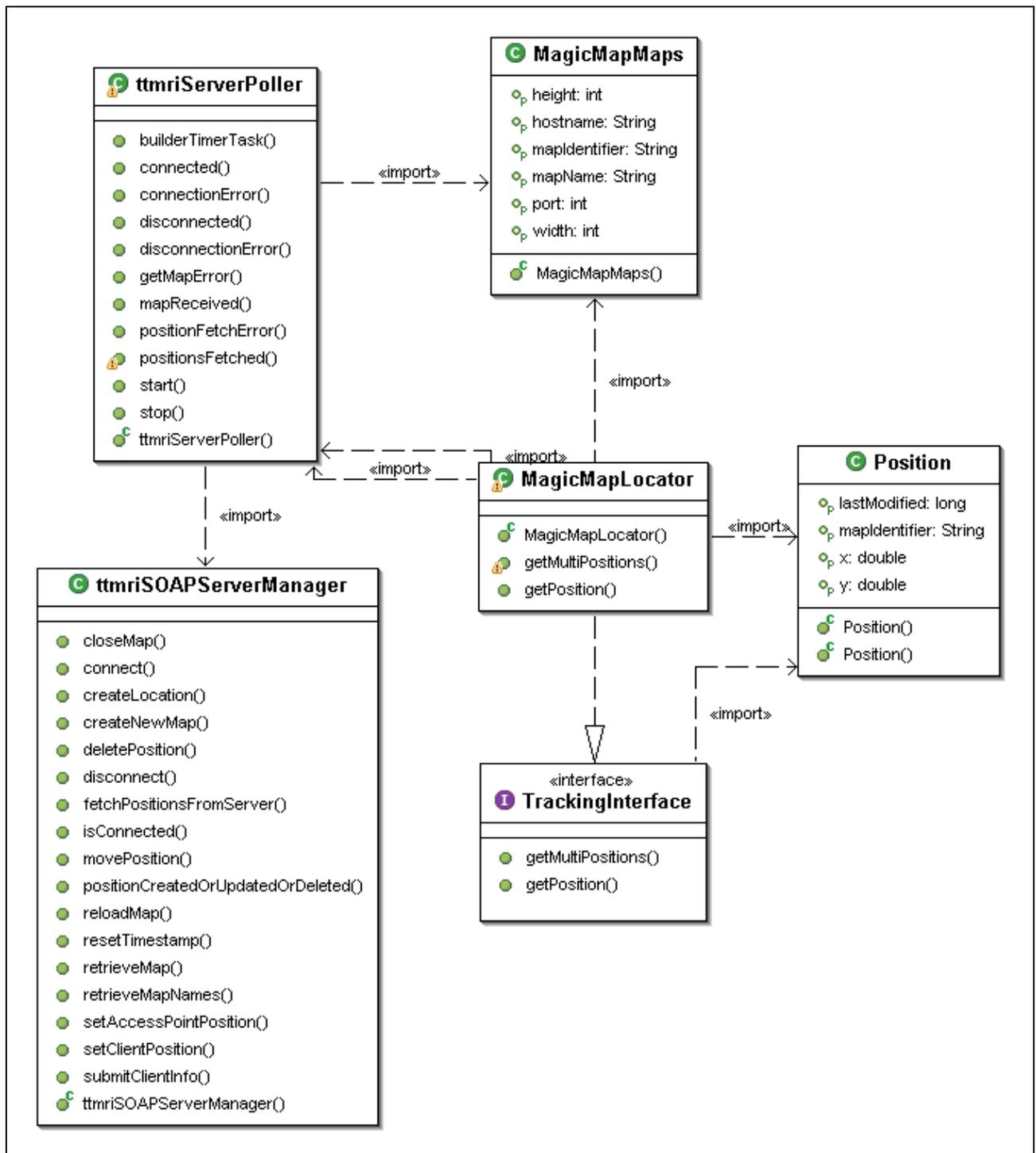


Abbildung 5.2: Klassendiagramm Package ttmri.mw.tracking (eigene Darstellung)

### 5.3 Teilsystem Statusabfrage

Das Teilsystem zur Statusabfrage wurde unter Verwendung effizienter Datenverwaltungs-bibliotheken, wie der *Java-Collections-API*, entwickelt. Der TTMRI StatusClient wird zusammen mit dem MagicMapClient auf den Trackingunits betrieben. Die Aufgabe des TTMRI StatusClient ist es, aktuelle Statusinformationen aus dem medizinischen Gerät auszulesen und diese in regelmäßigen Abständen an die Middleware zu übermitteln. Die

Middleware empfängt die Statusinformationen aller aktiven TTMRI StatusClients und speichert diese, analog zur Positionsbestimmung, in einer Hashtabelle ab. Um ausgefallene Trackingunits zu erkennen, wird von der Middleware bei jedem empfangenen Update ein Zeitstempel erzeugt und mit der Statusinformation abgespeichert. In regelmäßigen Abständen überprüft ein Thread alle Zeitstempel und markiert eine Trackingunit als *Offline*, wenn der Zeitstempel älter als ein bestimmter Timeout ist.

### 5.3.1 Objektmodell

*MainStatus* (Tabelle 5.4) ist ein einfaches Modell, um den aktuellen Status eines medizinischen Gerätes darzustellen. Für jedes medizinische Gerät werden ein numerischer Statuscode und eine zugehörige Textnachricht gespeichert. Die Statuscodes sind als Konstanten (Tabelle 5.5) in der *MainStatus* Klasse definiert.

**Tabelle 5.4: MainStatus Klasse**

Attribut	Bedeutung
<i>code</i>	Ein numerischer Statuscode. Wird durch Konstanten in der <i>MainStatus</i> Klasse definiert.
<i>msg</i>	Eine String, der eine genauere Beschreibung des Status enthält.
<i>timestamp</i>	Wird nur von der Middleware ausgefüllt. Der Zeitstempel, an dem dieser Status empfangen wurde.

**Tabelle 5.5: Konstanten in der MainStatus Klasse**

Konstante	Bedeutung
<i>READY</i>	Gerät ist einsatzbereit.
<i>INUSE</i>	Gerät wird derzeit verwendet.
<i>OUTOFORDER</i>	Gerät benötigt Wartung bzw. Gerät ist gestört.
<i>OFFLINE</i>	Gerät ist entweder nicht angemeldet oder es wurden zu lange keine Status Updates gesehen.

Die *StatusInterface* Klasse stellt die Schnittstelle zwischen dem System zur Statusabfrage und der restlichen TTMRI Middleware dar. Das Interface besteht aus den Methoden *getMainStatus(unit)* und *getMultiMainStatus(units[])*, die *MainStatus* Objekte zurückliefern. Des Weiteren enthält die Klasse die *updateMainStatus(unit, mainStatus)* Methode. Diese wird mittels des *ttmriWebService* vom *StatusClient* aufgerufen, um den *mainStatus* für das durch *unit* identifizierte Gerät zu aktualisieren.

Die *ttmriStatus* Klasse implementiert das *StatusInterface*. Sie speichert die Statusinformationen aller angemeldeten Geräte in einer Hashtabelle ab. Außerdem startet *ttmriStatus* einen Thread, der in regelmäßigen Abständen über die Hashtabelle iteriert und Geräte markiert, deren Zeitstempel (siehe Tabelle 5.4) älter als ein bestimmter Timeout sind, als Offline.

### 5.3.2 TTMRI Status Client

Der TTMRI StatusClient übermittelt in regelmäßigen Abständen die aktuellen Statusinformationen des angeschlossenen medizinischen Gerätes an die Middleware. Diese Übermittlung findet auch statt, wenn sich der Status nicht geändert hat. Damit weiß die Middleware beim Ausbleiben dieser Updates, dass der StatusClient außer Betrieb ist. Zu Simulations- und Testzwecken können Statusänderungen über die Standardeingabe durchgeführt werden. Des Weiteren ist der TTMRI StatusClient in der Lage, über die serielle Schnittstelle Statusdaten eines medizinischen Gerätes abzufragen. Die serielle Schnittstelle wird über die *Java Communications API*<sup>8</sup> Klassenbibliothek von Sun Microsystems angesprochen. Es existiert auch eine Open Source-Implementierung dieser Klassenbibliothek unter dem Namen *rxtx*<sup>9</sup>.

Im Gegensatz zur Positionsbestimmung werden bei der Statusabfrage und Statusverwaltung die Informationen direkt von den einzelnen Trackingunits bezogen und nicht von einem zentralen Server (wie dem MagicMapServer). Außerdem ist zu beachten, dass die aktuellen Statusinformationen von den TTMRI StatusClients an die Middleware aktiv übermittelt werden, wohingegen die Middleware zur Positionsbestimmung die Daten explizit vom MagicMapServer anfordert.

### 5.3.3 Objektmodell TTMRI Status Client

*Main* ist die zentrale Klasse des TTMRI StatusClients. Hier wird eine Instanz eines *MainStatus* (siehe Tabelle 5.4) Objekts, welches den aktuellen Zustand des medizinischen Gerätes repräsentiert, verwaltet. Außerdem werden ein Thread, der in regelmäßigen Abständen den Status an die Middleware sendet, sowie die Statusquelle instanziiert und verwaltet. Als Statusquelle steht im Moment nur *ManualStatusSrc* zur Verfügung. Es besteht die Möglichkeit, *ManualStatusSrc* mit der Standardeingabe (stdin) oder mit einer seriellen Schnittstelle zu verbinden. Abbildung 5.3 zeigt das Klassendiagramm dieses Teilsystems.

Die *StatusXmit* Klasse realisiert den Thread, der in regelmäßigen Abständen die Statusinformationen an die TTMRI Middleware sendet.

Die *SerialInterface* Klasse stellt eine abstrakte Sichtweise einer RS-232 Schnittstelle dar. Bei der Instanziierung wird die ausgewählte serielle Schnittstelle geöffnet. *SerialInterface* enthält

---

<sup>8</sup> Java Communications API Homepage: <http://java.sun.com/products/javacomm>, zugegriffen am 16.05.2006

<sup>9</sup> Homepage des rxtx Projekts: <http://www.rxtx.org>, zugegriffen am 16.05.2006

außerdem die Methoden *getInputStream()* und *getOutputStream()*, die die Abstraktion der RS-232 Schnittstelle auf Byteströme realisieren. Die statische *getPortNames()* Methode liefert eine Liste aller verfügbaren Schnittstellen (z.B. /dev/ttyS0, COM1, etc.) zurück.

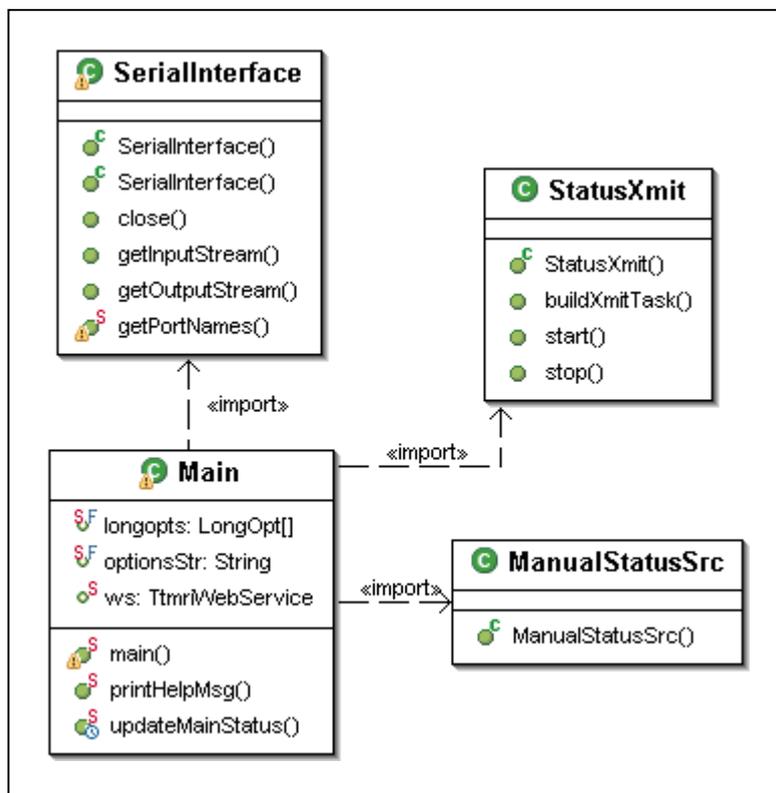


Abbildung 5.3: Klassendiagramm Package ttMRI.statusClient (eigene Darstellung)

Die *ManualStatusSrc* Klasse dient der Simulation eines medizinischen Gerätes. Bei der Instanziierung wird dem Konstruktor ein *InputStream* und ein *OutputStream* Objekt übergeben. Über diese beiden Streams wird dem Benutzer ein einfaches Interface angeboten, um Statusänderungen des Gerätes zu simulieren.

## 5.4 Stammdaten

Als Datenbank-Backend für die Verwaltung der Stammdaten wird PostgreSQL 7.4 eingesetzt. Die Kommunikation zwischen der TTMRI Middleware und dem Datenbank Server erfolgt über JDBC. Das verwendete Datenbankschema wurde bereits in Abschnitt 4.2.3 (Stammdaten) dargestellt. In Abbildung 5.4 ist das Klassendiagramm dieses Teilsystems dargestellt.

Die *DBInterface* Klasse stellt die Verbindung zum restlichen TTMRI System dar. Sie enthält Methoden, um Vektoren aller Inventarnummern, Hersteller, Kliniken, Kostenstellen, Stationen, MPG Klassen und allgemeinen Bezeichnungen zu erhalten. Dies sind die *getAll\*()* Methoden. Die *getAllRows()* Methode liefert alle in der Datenbank gespeicherten Objekte als Vektor von *DeviceData* Objekten zurück. Des Weiteren stellt das Interface Methoden zur

Verfügung, um Vektoren aller medizinischen Geräte eines Herstellers, einer MPG Klasse, einer Klinik bzw. aller Geräte mit einer bestimmten allgemeinen Bezeichnung zu erhalten. Dies sind die *getRowsBy\*()* Methoden. Das Interface enthält auch die Methode *searchAllColumns()*, die umfangreiche Suchfunktionen nach bestimmten Kombinationen der oben genannten Parameter (Hersteller, MPG Klasse, etc.) implementiert. Diese beiden Methoden liefern als Resultat alle gefundenen Geräte in Form eines Vektors von *DeviceData* Objekten zurück. Die *getAllMaps()* Methode liefert alle dem System bekannten Gebäudepläne als Vektor von *MagicMapMaps* (siehe Tabelle 5.2) Objekten zurück.

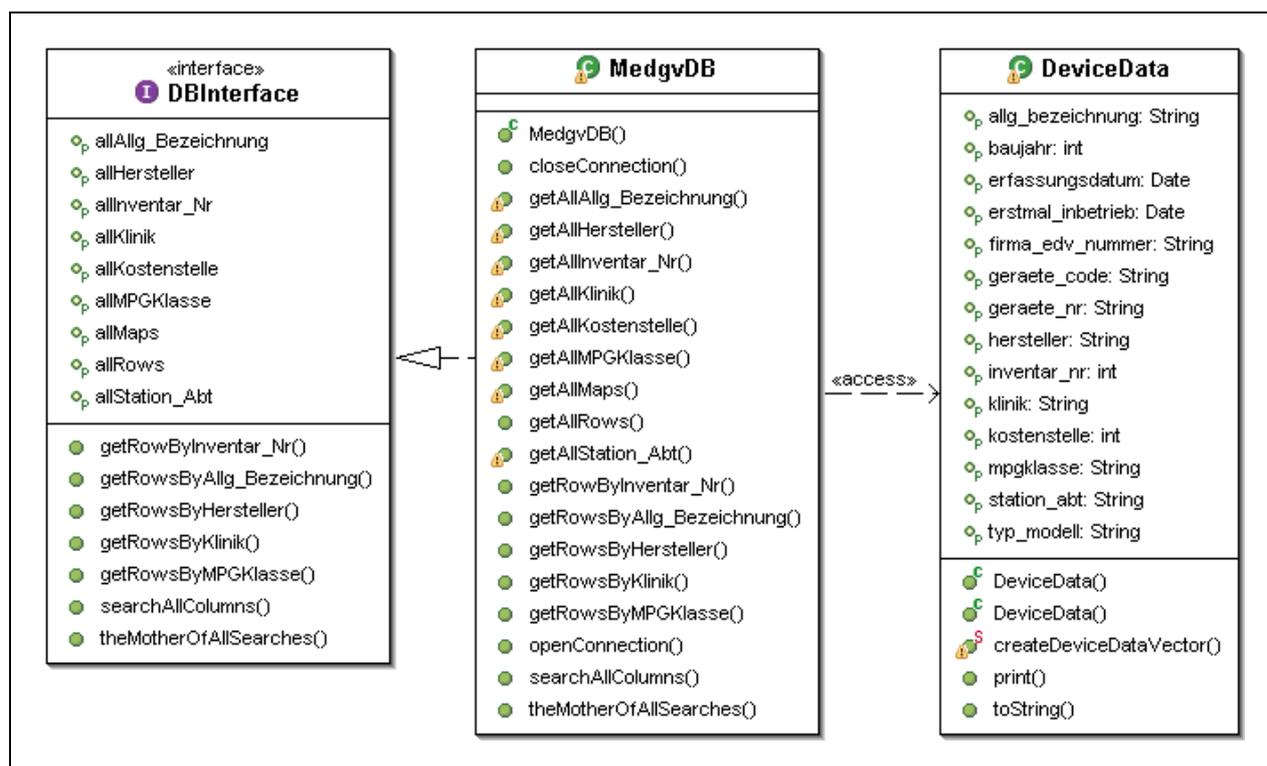


Abbildung 5.4: Klassendiagramm Package ttmri.mw.db (eigene Darstellung)

Die *MedgvDB* Klasse implementiert das *DBInterface* und verwaltet die JDBC Verbindung zum PostgreSQL Server.

Die *DeviceData* Klasse speichert alle relevanten Stammdaten zu einem einzelnen medizinischen Gerät. Eine *DeviceData* Instanz repräsentiert somit eine Zeile der *medgv\_stammdaten* Tabelle (siehe Abbildung 4.4), wobei sämtliche Felder im Volltext in *DeviceData* gespeichert sind und nicht als Referenz.

## 5.5 Grafische Benutzeroberfläche

Der TTMRI Client dient der Interaktion mit den Benutzern des TTMRI Systems und wurde in Java Swing unter Verwendung des *Relative Layout*<sup>10</sup> entwickelt. Der TTMRI Client verbindet sich mit der Middleware und er erhält von dieser die benötigten Stammdaten, Statusinformationen und Positionen über die in Tabelle 5.1 dargestellten Webservice Aufrufe. Die Gebäudepläne bezieht der Client von einem zentralen Webserver über eine HTTP-URL. Als Webserver kann jene Apache Tomcat Instanz verwendet werden, die auch die Middleware bedient, es kann aber auch ein anderer Webserver verwendet werden. Die benötigten URLs kann der Client über den *getAllMaps()* Webservice Aufruf erfragen.

Die *Main* Klasse ist der Einstiegspunkt des TTMRI Clients. Nach dem Start des TTMRI Clients wird ein *ConnectDialog* (siehe Abbildung 5.5) instanziiert und angezeigt. Wenn auf Connect geklickt wird, versucht der Client eine Verbindung zum TTMRI Server herzustellen. Wenn der Verbindungsaufbau erfolgreich war, wird das Hauptfenster des TTMRI Clients, der *GUIFrame* (siehe Abbildung 5.6), angezeigt.

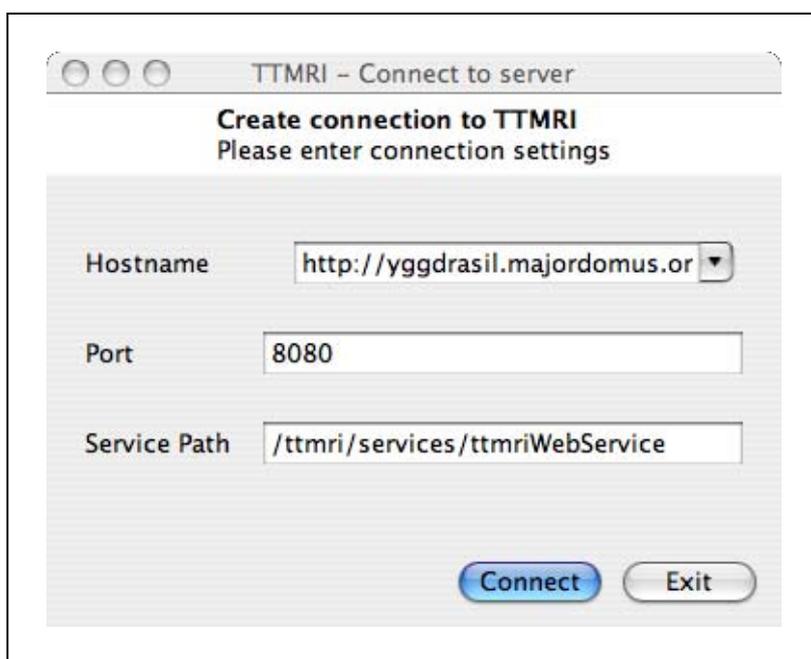


Abbildung 5.5: Connect Dialog

Der *GUIFrame* gliedert sich in drei Bereiche bzw. Panels, den *OutlineView*, den *StatusView* und den *MapView*.

---

<sup>10</sup> <http://ulc-community.canoo.com/snipsnap/space/Contributions/Extensions/Relative+Layout>, zugegriffen am 20.05.2006

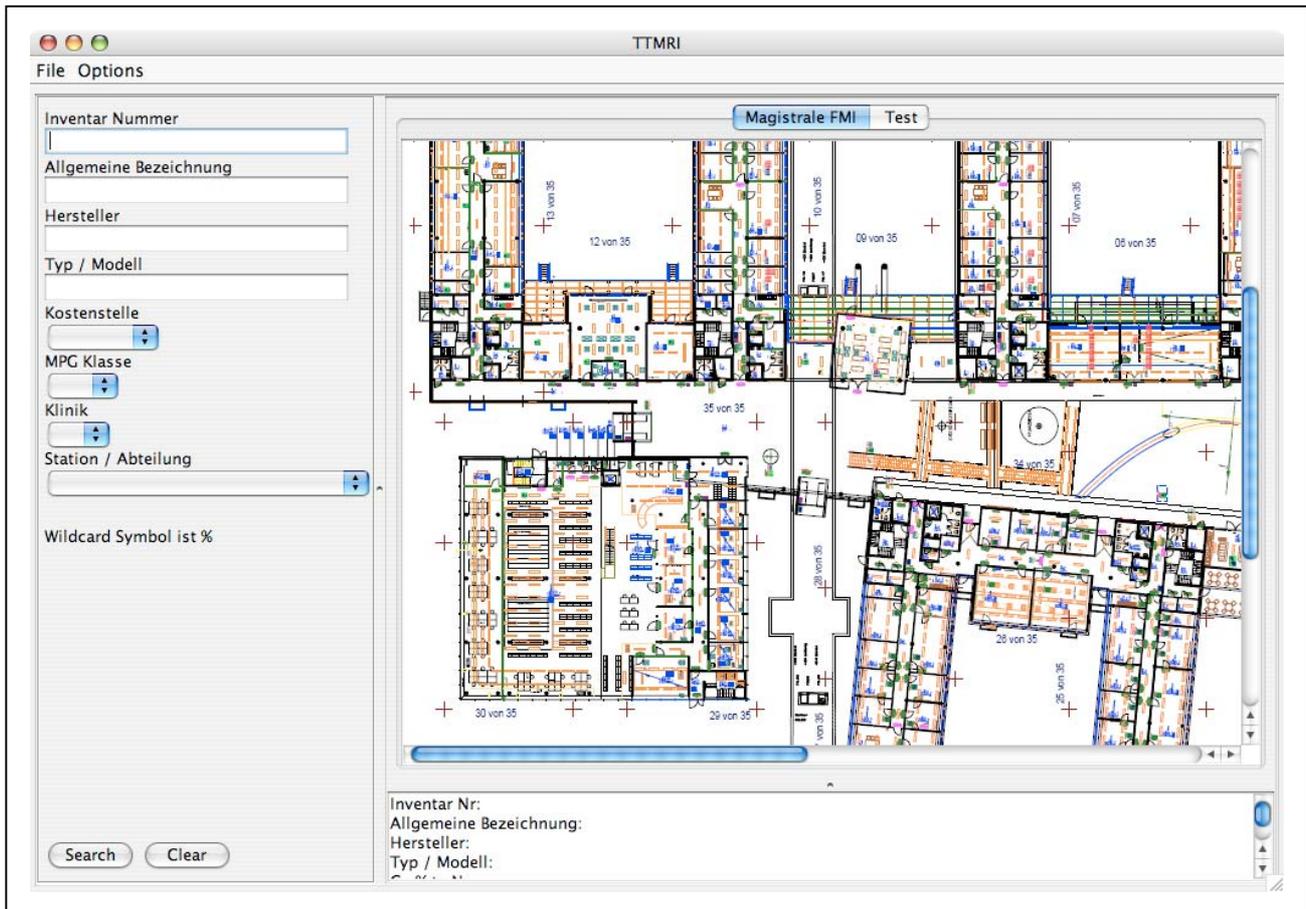


Abbildung 5.6: TTMRI Hauptfenster

Der *OutlineView* befindet sich links im *GUIFrame*. Nach dem Start enthält er eine Suchmaske (siehe Abbildung 5.6), mit der in den Stammdaten nach bestimmten Geräten oder Gerätegruppen gesucht werden kann. Nachdem eine Suche durchgeführt wurde, wird das Suchergebnis im *OutlineView* angezeigt. Der *GUIFrame* in Abbildung 5.7 enthält einen *OutlineView*, in dem ein Suchergebnis dargestellt ist.

Der *MapView* befindet sich rechts oben und dient der Darstellung der Gebäudepläne und der Darstellung der medizinischen Geräte. Bei der Instanziierung des *MapView* lädt dieser alle benötigten Gebäudepläne vom Server und stellt sie in verschiedenen Reitern dar. Jeder Reiter bzw. Gebäudeplan wird durch ein *DeviceDraw* Objekt verwaltet. Der *MapView* in Abbildung 5.6 enthält beispielsweise die beiden Gebäudepläne „Magistrale FMI“ und „Test“, wobei „Magistrale FMI“ gerade aktiv ist und dargestellt wird. Zur Verwaltung der medizinischen Geräte stellt *MapView* die Methoden *addDevices(devices)* und *removeDevices()* zur Verfügung. Diese Methoden werden vom *OutlineView* aufgerufen. Wenn eine neue Suche gestartet wird, wird die *removeDevices()* Methode aufgerufen, um alle Geräte aus dem *MapView* zu entfernen. Nach einer erfolgreichen Suche, fügt der *OutlineView* mittels *addDevices(devices)* die gefundenen Geräte dem *MapView* hinzu, woraufhin der *MapView* die Statusinformationen und die Positionen dieser Geräte von der Middleware abfragt.

Der *MapView* startet auch einen Thread, der in regelmäßigen Abständen die Positionen und Statusinformationen der darzustellenden Geräte mittels der *updatePositions()* Methode aktualisiert.

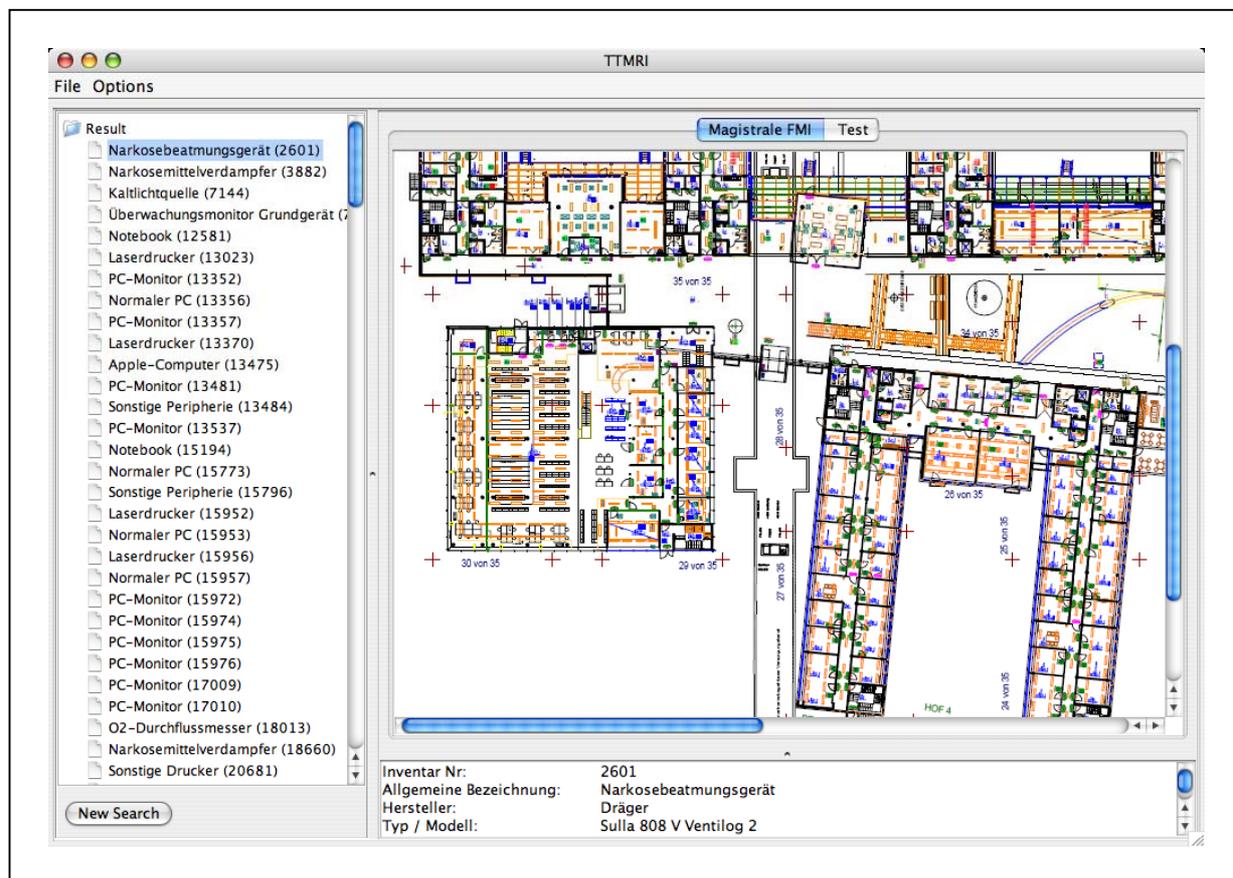


Abbildung 5.7: TTMRI Hauptfenster mit Suchergebnis

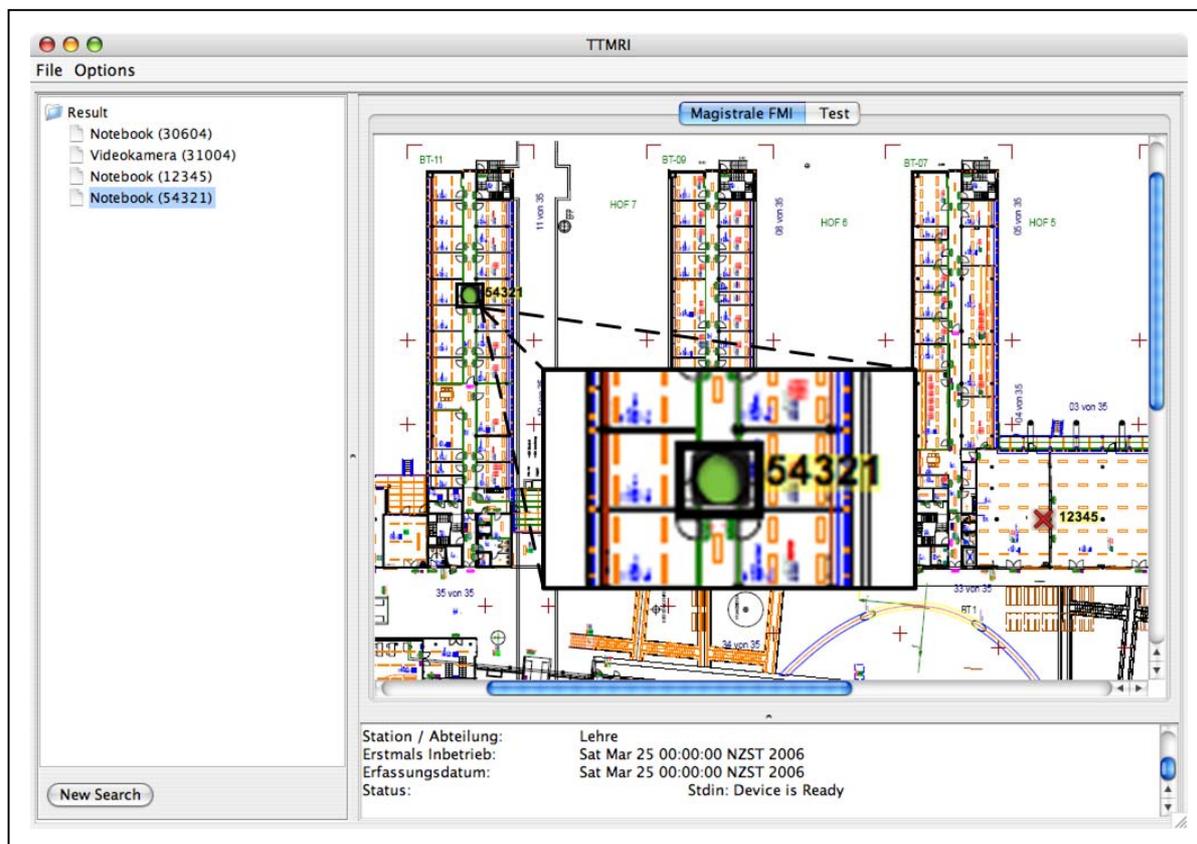
Wie bereits erwähnt, werden die einzelnen Gebäudepläne in *DeviceDraw* Objekten verwaltet. Neben der Grafik des Gebäudeplanes enthält ein *DeviceDraw* Objekt auch alle Geräte, die sich auf diesem Gebäudeplan befinden. In Abbildung 5.8 ist ersichtlich, wie die grafische Darstellung der Geräte und ihres Status aussieht. Der vergrößerte Ausschnitt wurde in den Screenshot eingefügt, um die Übersichtlichkeit in der Dokumentation zu erhöhen. Der TTMRI Client selbst kann derartige Vergrößerungen nicht durchführen.

Die *addDevices()* Methode des *MapView* fügt die Geräte auch dem jeweils richtigen *DeviceDraw* Objekt hinzu. Da ein Gerät den Gebäudeplan wechseln kann, muss die *UpdatePositions()* Methode gegebenenfalls Geräte von einem *DeviceDraw* Objekt zu einem anderen verschieben.

Der *StatusView* befindet sich rechts unten im *GUIFrame* und stellt die Stammdaten und den aktuellen Status des im *OutlineView* markierten Gerätes dar.

Um die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen, wird das im *OutlineView* markierte Gerät im *MapView* (bzw. im entsprechenden *DeviceDraw* Objekt) optisch durch einen schwarzen

Rahmen hervorgehoben. Außerdem besteht die Möglichkeit, im *MapView* auf ein Gerät zu klicken, wodurch dieses Gerät im *OutlineView* markiert und im *StatusView* dargestellt wird.



**Abbildung 5.8: Grafische Gerätedarstellung**

Die *DeviceNode* Klasse ist eine Hilfsklasse, die für die Baumdarstellung im *OutlineView* benötigt wird.

Ein medizinisches Gerät wird im TTMRI Client durch ein *Device* Objekt (Tabelle 5.6) repräsentiert. Ein *Device* Objekt enthält alle Informationen, die zur grafischen Darstellung der Geräte benötigt werden. Die Instanzen der *Device* Klasse werden vom *MapView* verwaltet und die Positions- und Statusdaten werden in regelmäßigen Abständen aktualisiert.

**Tabelle 5.6: Device Klasse**

Attribut	Bedeutung
<i>id</i>	Eindeutige Bezeichnung des Gerätes: Inventarnummer.
<i>xCoordinate</i>	x Koordinate des Gerätes
<i>yCoordinate</i>	y Koordinate des Gerätes
<i>mapIdentifizier</i>	Gebäudeplan, auf dem sich das Gerät befindet.

<i>statusCode</i>	Statuscode des Gerätes. Siehe Tabelle 5.4: MainStatus Klasse
<i>statusMsg</i>	Status des Gerätes. Siehe Tabelle 5.4: MainStatus Klasse
<i>statusTimestamp</i>	Zeitstempel des Status. Siehe Tabelle 5.4: MainStatus Klasse

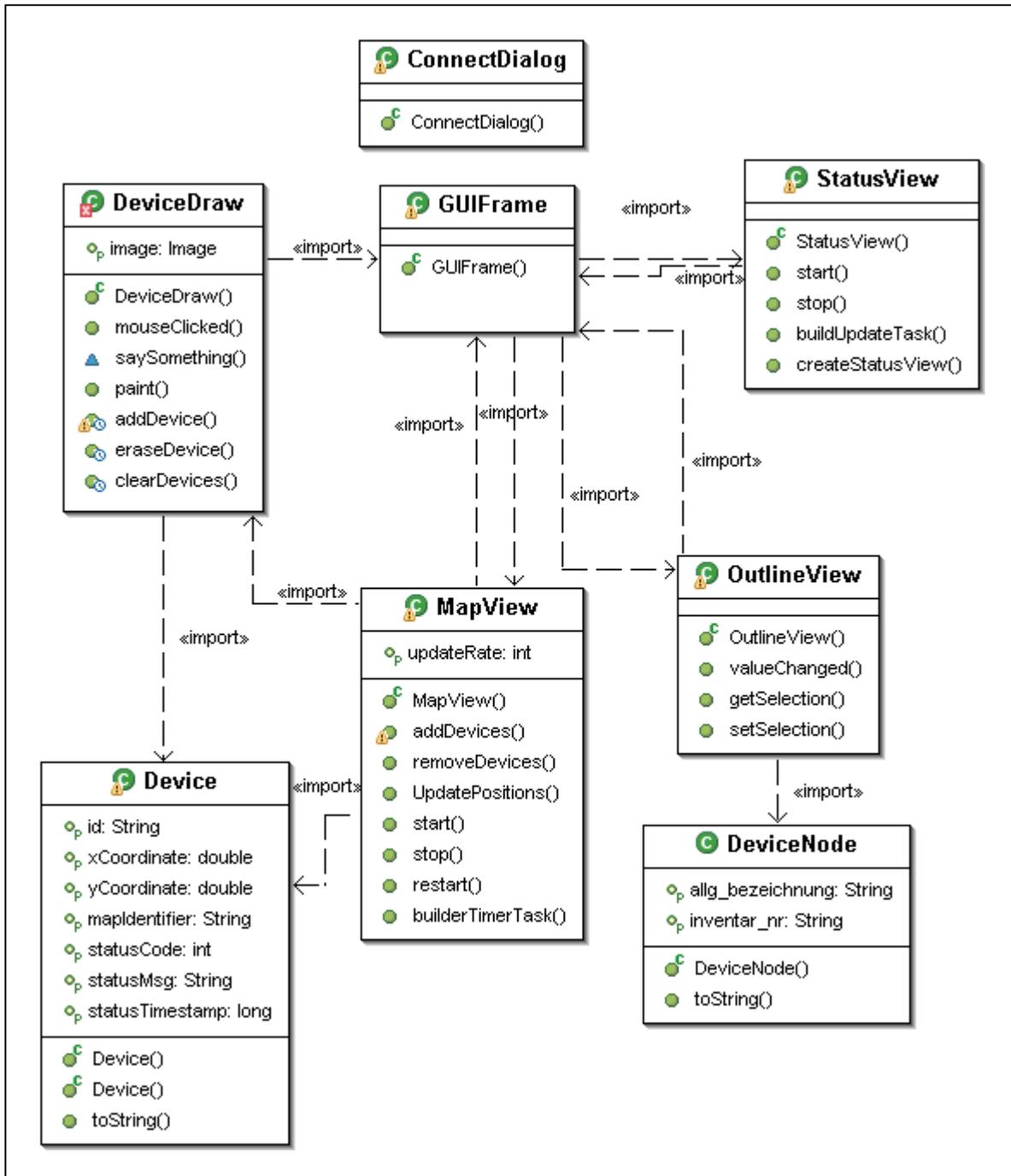


Abbildung 5.9: Klassendiagramm `ttmr.cli.gui` (eigene Darstellung)

## 6 Betriebstest

Es konnte kein Feldtest am MRI durchgeführt werden. Stattdessen wurden in einer Testumgebung im FMI Gebäude die Leistungsmerkmale des Systems im Betrieb ermittelt.

### 6.1 Rahmenbedingungen

Da die benötigte Hardware-Infrastruktur (Accesspoints und Trackingunits) nicht im angestrebten Zeitrahmen zur Verfügung gestellt werden konnte, war es nicht möglich, den Betriebstest des TTMRI Systems in den Räumlichkeiten des Klinikums rechts der Isar durchzuführen. Aus diesen Gründen wurde der Betriebstest des TTMRI Systems im Gebäude der Fakultäten für Mathematik und Informatik (FMI) durchgeführt. Im Speziellen wurde der Test auf die Magistrale beschränkt, da hier die Anzahl an aktiven Accesspoints mit Abstand am höchsten war. In der Magistrale waren 10 bis 20 Accesspoints aktiv, während in anderen Gebäudeteilen lediglich zwei bis drei Accesspoints aktiv waren. Ein Problem stellte die Ermittlung der Positionen der Accesspoints dar. Die Rechnerbetriebsgruppe, welche die Accesspoints im FMI-Gebäude verwaltet, konnte uns lediglich die Raumnummern mitteilen, in denen sich die jeweiligen Accesspoints befinden. In manchen Räumen war es uns möglich, die Position der Accesspoints von Hand zu ermitteln, allerdings hatten wir zu einem Großteil der Räume keinen Zugang, so dass wir hier auf Schätzungen zurückgreifen mussten. Außerdem waren eine Vielzahl der aktiven Accesspoints nicht in der Liste enthalten während andererseits nicht alle in der Liste geführten Accesspoints aktiv waren. Dies legt die Vermutung nahe, dass unter Umständen manche Positionsangaben in der Liste ungenau bzw. nicht aktuell sind.

Die TTMRI Middleware, das MagicMapServer Backend sowie die Stammdatenbank wurden auf einem zentralen Server betrieben. Als Server diente ein von den Bearbeitern bereitgestellter Pentium-II mit 650 MHz Taktfrequenz, 256 MB Arbeitsspeicher und 20 GB IDE-Festplatte, welcher sich in der Innenstadt von München befand. Die Anbindung des Servers an die Trackingunits sowie an die grafische Benutzerschnittstelle wurde über eine ADSL-Leitung mit 1200 kBit/s Downstream und 256 kBit/s Upstream realisiert. Als Betriebssystem kam Debian/Linux mit Kernelversion 2.6.14 zum Einsatz.

Als Trackingunits wurden zwei von den Bearbeitern gestellte Notebooks mit WLAN-Karten verwendet. Das erste Notebook ist ein Toshiba Satellite M45 mit 1,6 GHz Intel Centrino, 512 MB RAM und Intel PRO/Wireless LAN 2200 BG, das Zweite ein Samsung P30 XVM 1500 mit 1,5 GHz Intel Pentium M mit 512 MB RAM und Intel PRO/Wireless LAN 2100. Als Betriebssystem kam Windows XP zum Einsatz. Für eine Trackingunit wurde die Standardeingabevariante als Statusquelle gewählt, während die zweite Trackingunit Statusinformationen über eine serielle RS-232 Schnittstelle erhielt, um das Verhalten eines medizinischen Gerätes zu simulieren. Unser Serverlasttest war positiv. Weitere Aussagen zur Skalierbarkeit des System erfordern Tests mit einer realistischen Anzahl von Trackingunits, welche uns nicht zur Verfügung stand.

Die grafische Benutzeroberfläche des TTMRI Client wurde auf diversen Notebooks unter den Betriebssystemen Microsoft Windows XP, Debian/Linux und MacOS X 10.4 getestet. Der Aufbau des Betriebstests ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

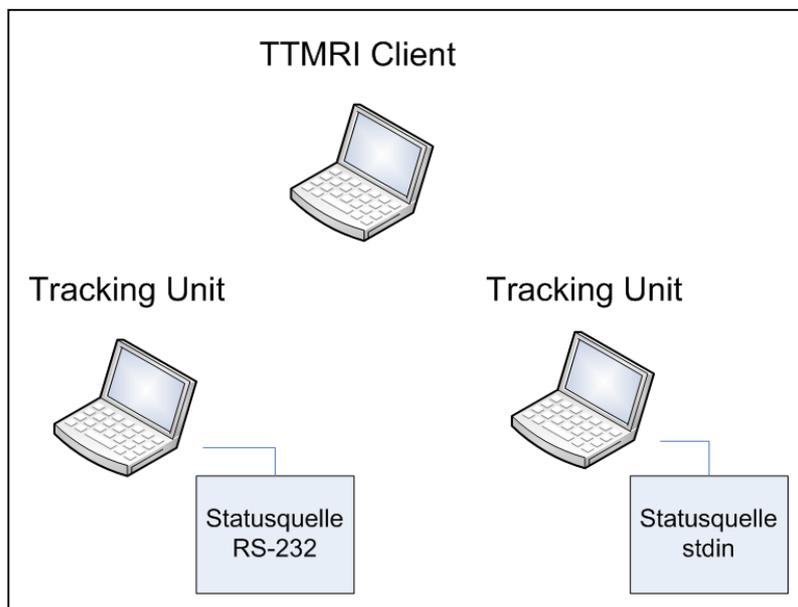


Abbildung 6.1: Aufbau TTMRI Betriebstest (eigene Darstellung)

## 6.2 Leistungsmerkmale

Im Folgenden werden die im Betriebstest ermittelten Leistungsmerkmale des TTMRI Systems beschrieben.

### 6.2.1 Positionsbestimmung

Die Positionsbestimmung konnte nicht mit befriedigender Genauigkeit durchgeführt werden. Die Mitarbeiter mussten Abweichungen von mehr als 10 m bei der Positionsbestimmung feststellen. Die Hauptursache hierfür ist die mangelhafte Qualität der Positionen der Accesspoints. Wie bereits erwähnt, konnten diese Referenzpositionen nur äußerst ungenau bestimmt werden. Es ist anzumerken, dass die MagicMap Entwickler eine Ortungsgenauigkeit in Gebäuden von unter 3 m angeben. Des Weiteren befindet sich das gesamte MagicMap System noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium. Weitere Funktionalitäten und Verbesserungen in der Ortungsgenauigkeit sind geplant.

Unter gewissen Rahmenbedingungen ist eine genauere Positionsbestimmung möglich. In einem Fall war es den Mitarbeitern möglich, genauere Daten zu erhalten. In diesem Fall wurden nur von drei Accesspoints Signale empfangen und die Positionen dieser Accesspoints konnten genau bestimmt werden. Somit lagen keine Störeinflüsse von anderen Accesspoints vor. Die resultierende Positionsgenauigkeit betrug ca. 2 m.

Die Unterscheidung von Stockwerken wird von MagicMap nicht beherrscht. Wie in Abschnitt 4.2.1 (Lokalisierung) beschrieben, ist eine serverseitige Implementierung vorhanden, die eine manuelle Intervention beim Wechsel des Stockwerkes erfordert. Diese Problematik konnte von den Bearbeitern nicht genauer untersucht werden, da lediglich für das Erdgeschoß eine ausreichende Zahl an Accesspoints zu Verfügung standen. Positionsbestimmungen in anderen Stockwerken bzw. Gebäuden waren aufgrund mangelnder Accesspoints nicht möglich.

Eine wichtige Beobachtung im Zusammenhang mit der Ortung von medizinischen Geräten ist die Konvergenzzeit bei einer Positionsänderung. Wenn eine Trackingunit bewegt wird, benötigt das MagicMap System zwischen 15 s und 60 s, um die neue Position zu errechnen. Dies äußert sich dadurch, dass sich die Position der Trackingunit bzw. des medizinischen Gerätes sprunghaft ändert. Das Gerät springt in der Kartenansicht sozusagen von der alten auf die neue Position. Dies stellt jedoch keine gravierende Einschränkung für das TTMRI System dar. Das TTMRI System soll das Auffinden medizinischer Geräte erleichtern, indem das Klinikpersonal die Position eines oder mehrerer benötigter Geräte abfragt und sich dann zum Gerät begibt. Es ist nicht Ziel des TTMRI System zu verfolgen, wie ein Gerät von einem Raum in einen anderen Raum bewegt wird. Es ist anzumerken, dass sich die Positionen der medizinischen Geräte nur relativ selten ändern. Daher ist es ausreichend, wenn die statischen Aufenthaltsorte der medizinischen Geräte bekannt sind, sekundenaktuelle Positionen sind nicht notwendig. Eine Historie über die Gerätebewegungen bleibt auch ohne sekundenaktuelle Positionen möglich.

### **6.2.2 Statusabfrage**

Beim Betriebstest der Status- bzw. Parameterabfrage sind keine Probleme aufgetreten. Insbesondere die Rate mit der Statusänderungen an die Middleware bzw. an die grafische Benutzeroberfläche übermittelt wurden, war zufrieden stellend. Diese Rate kann im StatusClient eingestellt werden. Analog zur Positionsbestimmung sind bei der Statusabfrage sekundenaktuelle Updates nicht notwendig, da auch hier nur eine makroskopische Sicht auf den Status der Geräte benötigt wird und Statusänderungen relativ selten vorkommen.

Die Statusabfrage über eine RS-232 Schnittstelle hat ebenfalls ohne Probleme funktioniert. Das MEDIBUS Protokoll konnte nicht implementiert und getestet werden, da die MEDIBUS Spezifikation nicht rechtzeitig zugänglich war (siehe Abschnitt 4.1 Restriktionen). Die vorhandene RS-232 Funktionalität bietet eine gute Ausgangsbasis zur Implementierung des MEDIBUS Protokolls, da auch hier durch die geeignete Schnittstellenwahl der Austausch bzw. die erweiternde Anbindung von Protokollen einfach umzusetzen ist.

### **6.2.3 Stammdaten**

Im Rahmen des Betriebstests wurde die Abfrage von Stammdaten aus der Datenbank getestet. Sämtliche Testfälle lieferten ein korrektes Ergebnis in angemessener Zeit. Diese Testfälle umfassten die verschiedenen Suchmöglichkeiten und Informationsanzeigen, die in der grafischen Benutzerschnittstelle zur Verfügung gestellt werden.

#### **6.2.4 Grafische Benutzeroberfläche**

Die grafische Benutzerschnittstelle konnte im Rahmen des Betriebstests eingehend getestet werden. Die grafischen Anzeigen der Positionen, des Status und der Gebäudepläne, sowie der Wechsel zwischen Gebäudeplänen haben wie erwartet und ohne Fehler funktioniert. Die Suchfunktion und die Darstellung der Suchergebnisse haben sich ebenfalls wie geplant verhalten. Die Benutzerschnittstelle hat immer – wie vorhergesehen – und in angemessener Zeit auf Benutzerinteraktionen reagiert.

#### **6.3 Implikationen für die Weiterentwicklung**

Der Betriebstest des TTMRI Systems hat einige Punkte aufgezeigt, die bei einem Deployment des Systems im Klinikum rechts der Isar bzw. bei der Weiterentwicklung des Prototyps in ein fertiges Produkt unbedingt zu beachten sind.

Als äußerst kritisch hat sich die Qualität der Positionen der Accesspoint erwiesen. Es empfiehlt sich, die Accesspoints möglichst an den Gebäudeaußenwänden zu befestigen, da sich Trackingunits dann nur auf einer Seite des Accesspoints befinden können, was die Qualität der Positionsbestimmung erhöht. Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass jede Trackingunit mindestens vier oder fünf Accesspoints empfangen kann und dass sich diese Accesspoints in möglichst unterschiedlichen Richtungen befinden. Um die Qualität der Accesspoint Positionen zu garantieren, ist eine laufende Dokumentation von Änderungen an den Accesspoints unerlässlich. Ebenso muss verhindert werden, dass nicht erfasste Accesspoints betrieben werden. Auch die mangelnde Fähigkeit von MagicMap, Stockwerke zu unterscheiden, stellt ein Problem für ein Deployment dar.

Die Übermittlung der Statusinformationen hat zufrieden stellend funktioniert. Es ist hierbei lediglich zu beachten, inwieweit das TTMRI System bei einer großen Anzahl an aktiven Trackingunits, welche Statusupdates an die Middleware senden, skaliert. Gegebenenfalls muss die Updaterate der StatusClients reduziert werden.

Die grafische Benutzerschnittstelle kann ebenfalls beibehalten werden. Das Serversystem sollte mittels eines LANs oder WLANs an die Clients angebunden werden, da andernfalls die Übertragung der Gebäudepläne zur grafischen Darstellung der lokalisierten Geräte zu viel Zeit in Anspruch nimmt.

Die Stammdaten sollten aus einer zentralen Quelle stammen. Die gegenwärtige Lösung mit separater Datenbank ist für einen Prototyp praktikabel auf lange Sicht. Es ist aber eine Anbindung an ein krankenhausweites Stammdatensystem (beispielsweise SAP) anzustreben, da ansonsten Stammdaten mehrfach gehalten werden müssen und Inkonsistenzen zwischen den verschiedenen Datensätzen entstehen können. Die Gebäudepläne, die zur grafischen Darstellung der Positionen der medizinischen Geräte verwendet werden, dürfen nicht zu detailreich sein. Insbesondere sind komplette Baupläne ungeeignet, da durch die Vielzahl der Informationen die Übersicht verloren geht. Ein Plan, der nur die Wände und Türen sowie die Raumnummern enthält, ist zur Darstellung optimal.

Aus sicherheitstechnischer Sicht ist ein Einsatz des Systems nur möglich, wenn eine sichere Benutzerauthentifizierung und eine verschlüsselte Kommunikation implementiert werden.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Dieses Kapitel geht darauf ein, welche Schlussfolgerungen aus diesem Projekt gezogen werden konnten, welche weiteren Schritte bis zur Einsatzreife des Systems unternommen werden müssen und mit welchen Problemen bei der Einführung gerechnet werden muss. Abschließend folgt ein Ausblick auf weitere Einsatzmöglichkeiten und damit auf das Potenzial einer Tracking- und Tracing-Lösung im Krankenhaus.

### **7.1 Schlussfolgerungen**

Im Folgenden werden die wichtigsten Schlussfolgerungen erläutert, zu denen wir im Laufe des Projekts gelangt sind.

Zum einen steht dem Einsatz von WLAN im Krankenhaus, nach eingehender Betrachtung der Vorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit, nichts im Weg. Zum anderen ist es möglich, Geräte mittels WLAN im Inneren eines Gebäudes auf wenige Meter genau zu lokalisieren. Für eine hohe Ortungsgenauigkeit ist es aber zwingend erforderlich, dass die nötigen Anforderungen an die WLAN-Infrastruktur, was Anzahl, Verteilung und Erfassung (siehe 6.3 Implikationen für die Weiterentwicklung) der Accesspoints betrifft, erfüllt werden.

Die Anbindung des Systems an eine Datenbank mit Gerätestammdaten hat sich als sinnvoll erwiesen, da sie dem Benutzer mit Hilfe der Suchfunktion ein adäquates Mittel zur Auswahl und Anzeige der gewünschten Geräte liefert. Die Einführung einer zentralen, klinikweiten Stammdatenbank, auf die das TTMRI System zugreifen kann, würde eine bessere Aktualität und Konsistenz der Gerätedaten gewährleisten.

Die Anzeige der lokalisierten Geräte als Symbol auf einem Gebäudeplan hat sich als besonders intuitive und benutzerfreundliche Darstellungsform erwiesen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit darf das zugrunde liegende Kartenmaterial nicht allzu viele Details beinhalten. Ein simpler, aber maßstabsgetreuer Grundriss des Gebäudes ist für diesen Zweck die beste Wahl. Beim Einsatz des Systems auf mobilen Endgeräten empfiehlt es sich, auf geringe Dateigrößen zu achten, um Speicherplatz zu sparen und Übertragungszeiten zu verkürzen.

### **7.2 Weitere Entwicklungen**

Ziel des Projekts war es, ein exemplarisches System zu entwickeln, um die Machbarkeit, Funktionalität und mögliche auftretende Probleme zu studieren. Bevor ein Realeinsatz stattfinden kann, sind noch weitere Entwicklungen und Tests erforderlich, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird.

Die weiteren Entwicklungen am Klinikum rechts der Isar, insbesondere im Hinblick auf die Einführung von SAP, müssen verfolgt werden. Eine Anbindung der Gerätestammdaten über SAP kann den vorhandenen Problemen bezüglich Konsistenz und Aktualität der Daten entgegenwirken. Eine Anpassung des TTMRI Systems wäre empfehlenswert.

Eine Implementierung des MEDIBUS Protokolls ist ratsam, da die meisten neuen medizinischen Geräte diesen Standard verwenden. Das Auslesen der relevanten Parameter muss mit möglichst vielen verschiedenen Geräten getestet werden und eine Möglichkeit zur Abwärtskompatibilität zu Geräten ohne MEDIBUS gefunden werden.

Bevor es zu einem Realeinsatz kommen kann, muss die Sicherheit des Systems deutlich erhöht werden. Mindestens erforderlich ist die Verschlüsselung der übertragenen Daten und eine allgemeine Zugriffskontrolle. In diesem Zusammenhang muss eine eingehende Überprüfung der Datenschutzbestimmungen erfolgen.

Die grafische Benutzeroberfläche muss ausgebaut und evaluiert werden, um bei den Anwendern auf eine möglichst große Akzeptanz zu stoßen. Die Erweiterung von Menü- und Hilfefunktionen sowie eine Anpassung des Designs und der Funktionalität an die Kundenwünsche sind nach Endnutzer-Evaluation in Erwägung zu ziehen.

Die weitere Entwicklung der MagicMap Software sollte im Auge behalten werden. Eine Möglichkeit zur Stockwerksunterscheidung und damit zur Verbesserung der Positionsbestimmung wurde von den Entwicklern bereits angekündigt sowie die Berücksichtigung der Historie und die Integration von RFID.

Der Einsatz des TTMRI Systems auf weiteren Trackingunits, z.B. PDAs, muss getestet werden. Bei den Trackingunits sind der Einsatz von eingebetteten Systemen mit WLAN-Schnittstelle und der nächsten Generation von WLAN-Tags, die in der Lage sind, Statusinformationen auszulesen und die RFID Technologie verknüpfen, zu evaluieren.

Vor dem Einsatz im Klinikalltag muss das System noch einem eingehenden Feldtest unter realen Bedingungen vor Ort unterzogen und Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden.

### **7.3 Mögliche Barrieren**

Zusätzlich zu den vorher genannten nötigen Entwicklungsschritten müssen auch Probleme betrachtet werden, die gegebenenfalls eine Einführung des Systems erschweren. Das Rechenzentrum des MRI plant, zur Authentifizierung das e-Token Konzept zu verwenden. Durch die Tatsache, dass dieses Konzept lediglich Authentifizierung und andere Netzwerksicherheitsmechanismen beinhaltet, ist davon auszugehen, dass nur eine leichte Anpassung des TTMRI Systems erforderlich ist.

Ein weiteres mögliches Problem stellt die Akzeptanz des Systems durch die Anwender dar. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die grafische Benutzeroberfläche eine intuitive Bedienung zulässt und das System außerdem eine hohe Zuverlässigkeit besitzt. Ein Test vor Einführung mit anschließender Befragung ist ratsam, um Wünsche und Anregungen der zukünftigen Nutzer mit in das System einfließen lassen zu können.

Die Aufstellung und Verteilung der Accesspoints könnten sich auch als Barrieren zeigen. Im Klinikum rechts der Isar beinhalten einige Wände Blei in einer Menge, die die Reichweite des WLANs beeinflusst. Daher wird eine größere Anzahl an Accesspoints benötigt, um die erwünschte Abdeckung und Positionsgenauigkeit zu gewinnen. Eine bestmögliche

Genauigkeit der Positionsberechnung wird dann erreicht, wenn die Accesspoints an den Außenwänden angebracht werden. Im Klinikum kann das nicht realisiert werden, da sich dann die Accesspoints in den Patientenzimmern befinden würden. Aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit sollte dies jedoch vermieden werden.

#### **7.4 Ausblick**

Im Rahmen des Projekts wurde deutlich, dass der Einsatz einer WLAN gestützten Tracking- und Tracing-Lösung im Krankenhaus noch eine Vielzahl weiterer Anwendungen finden kann.

Durch die Aufzeichnung der Gerätepositionen und -status über einen längeren Zeitraum hinweg, kann eine Historie angelegt werden. Dadurch hat die Klinikverwaltung eine genaue Kenntnis über die Auslastung der Geräte und kann diese zur optimalen Belegungs- und Bedarfsplanung nutzen. Die Software könnte das Klinikpersonal warnen, wenn Geräte bestimmte Bereiche verlassen, um so Diebstahl vorzubeugen. Die Information über Bedienqualifikationen könnten in der Benutzeroberfläche visuell mit den entsprechenden Geräten verknüpft werden, um die Auswahl der benötigten Geräte zu erleichtern. Weitere Parameter der Geräte und der Trackingunit könnten ausgelesen und ebenfalls visuell dargestellt werden, z.B. der Batteriestand. Denkbar wäre auch die Ausweitung auf das Tracking von Krankbetten und Patienten, um das medizinische Personal noch besser mit Informationen versorgen zu können.

Traceability im Krankenhaus bietet ein enormes Potenzial für zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, die die Versorgungsqualität der Patienten sowie die Wirtschaftlichkeit eines Klinikums verbessern können.

## 8 Literaturverzeichnis

**Balzert, H. (2000):** Lehrbuch der Software Technik – Band 1. Software-Entwicklung. 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin 2000

**Bundesnetzagentur:** WLAN-Funkanwendungen (Wireless Local Area Network).  
In: [http://www.bundesnetzagentur.de/enid/a86fc54eb652dcc0fc31cdafd83ceef,55a304092d09/nichtoeffentlicher\\_Mobilfunk/WLAN\\_dv.html](http://www.bundesnetzagentur.de/enid/a86fc54eb652dcc0fc31cdafd83ceef,55a304092d09/nichtoeffentlicher_Mobilfunk/WLAN_dv.html), zugegriffen am 12.05.2006

**Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie:** WLAN - das funkgestützte Lokale Netz.

In: <http://www.bmwa.bund.de/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/Mobilfunk/technik,did=33248.html> und <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/root,did=37092.html>, zugegriffen am 28.04.2006

**Dräger Medical AG :** Dräger RS-232 MEDIBUS Protokoll-Spezifikation. Version 4.03

**Ekahau:** Standards-based asset and people tracking over Wi-Fi.  
In: <http://www.ekahau.com/?id=4200>, zugegriffen am 05.04.2006.

**Esch, S.; Weyde, F. (2006):** Konzeption und Marktanalyse für ein System zum Gerätemangement und -lokalisierung mit WLAN im Klinikumfeld, Systementwicklungsprojekt, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik Technische Universität München, 2006

**Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen:** Fraunhofer Locating System.  
In: [http://www.iis.fraunhofer.de/ec/navigation/indoor/angebot/software/index\\_d.html](http://www.iis.fraunhofer.de/ec/navigation/indoor/angebot/software/index_d.html), zugegriffen am 05.04.2006.

**Krüger-Brand, Heike E. (2003):** Basiswissen: Wireless Local Area Network (WLAN) – Nutzungsrisiken ausschließen, Deutsches Ärzteblatt 100, Ausgabe 45 (07.11.2003), Seite 14, Supplement: Praxis Computer.  
Online verfügbar in: <http://www.deutschesaerzteblatt.de/v4/archiv/artikel.asp?id=39221>, zugegriffen am 28.04.2006

**LaMarca, A.; Chawathe, Y.; Consolvo, S.; Hightower, J.; Smith, I.; Scott, J.; Sohn, T.; Howard, J.; Hughes, J.; Potter F.; Tabert, J.; Powledge, P.; Borriello, G.; Schilit, B. (2005):** Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild.  
In: <http://www.placelab.org/publications/pubs/pervasive-placelab-2005-final.pdf>, zugegriffen am 05.04.2006

**LANCOM™ Techpaper (2005):** Wireless LAN Access Points im medizinischen Umfeld, Version 1.5  
In: <http://www.lancom-systems.de/produkte/feature/techpaper/TP-WLAN-Medizin-DE.pdf>, zugegriffen am 28.04.2006

**MagicMap:** Homepage der MagicMap Software.  
In: <http://www2.informatik.hu-berlin.de/rok/MagicMap/>, zugegriffen am 07.05.2006

**Oertel, B.; Wölk, M.; Hilty, L.; Köhler, A.; Kelter, H.; Ullmann, M. (2004):** Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen.

In: <http://www.bsi.bund.de/fachthem/rfid/RIKCHA.pdf>, zugegriffen am 28.04.2006

**PanGo:** Wi-Fi Active RFID Products Overview.

In: <http://www.pangonetworks.com/Products/activerfidproducts.htm>, zugegriffen am 05.04.2006.

**Schwabe, G.; Krcmar, H. (1996):** Der Needs Driven Approach, In Arbeitspapiere, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik Universität Hohenheim (510h), hrsg.: Krcmar, H., Stuttgart, 1996.

**Tobisch, R.; Irnich, W. (1999):** Mobilfunk im Krankenhaus; Einfluß von Mobiltelefonen auf lebensrettende und lebenserhaltende Medizintechnik, Schiele und Schön, Berlin 1999

**Umweltforum Bayern, Arbeitskreis „Umwelt und Gesundheit“ (1999):** Empfehlung Nr. 9 zur nichtionisierenden Strahlung (Elektrosmog), (verabschiedet am 27.07.1999.T).

In: <http://www.personalrat.uni-bremen.de/redirect.php?url=public/Thema%20Elektrosmog/Umweltforum%20Bayern.pdf>, zugegriffen am 28.04.2006

## 9 Anhang

### 9.1 Gesprächsprotokolle der Anforderungsanalyse

#### 9.1.1 Gespräch mit einer Vertreterin des Pflegepersonals am MRI

##### Gesprächsergebnisprotokoll

**Teilnehmer:** Frau Müller (Oberschwester), Patricia Badi Umer, Andreas Dollinger, Sebastian Esch, Felix Weyde

**Gesprächsdatum:** 16.01.2006

**Ort:** Station 1/1 des Klinikums rechts der Isar

**Gesprächsthema:** Situation am MRI, gewünschte Anforderungen aus Sicht des Pflegepersonals

Die Geräte der Klinik für Anästhesiologie haben die besondere Eigenschaft, dass sie über alle Kliniken verteilt im Einsatz sind. Kleinere Geräte, z.B. Schmerzpumpen, werden Patienten, die in anderen Stationen liegen, mitgegeben. Es kommt manchmal vor, dass diese Geräte in den Stationen zur Behandlung eines anderen Patienten verwendet werden, ohne dass dies der Klinik für Anästhesiologie mitgeteilt wird.

Alle Geräte sind einzeln erfasst mit einer Inventarnummer (Aufkleber der Medizintechnik „Kl.r.d.Isar/ Inv.Nr. xxx/ Med.Technik“) und Standort (Aufkleber der Station „OPxx“) gekennzeichnet. In jedem OP-Saal ist eine Standardausrüstung vorhanden. Von jedem OP-Saal aus kann auf das SAP-System zugegriffen werden. Bisher haben nur die Ärzte hierfür einen Zugang.

Alle zwei Jahre findet eine Inventarisierung statt. Diese wird durch das Personal der Station durchgeführt und besteht darin, den Snapshot (im Microsoft Excel Format) der Datenbank der Medizintechnik (MEDOC) zu aktualisieren. Die Ergebnisse der Inventarisierung werden nur Lokal in der Station verwendet und nicht an die Medizintechnik weitergeleitet.

In jedem Operationssaal der Station befindet sich ein Dokumentationsheft, in dem die Wartungen der Geräte des Saals schriftlich festgehalten werden.

Das Auffinden von Geräten stellt vor allem bei den Kleingeräten (z.B. Perfusor, Infusionspumpen) ein Problem dar. Großgeräte wie Beatmungsgeräte haben einen festen Standort; in der Regel ist dieser Standort ein Operationssaal oder ein Vorraum eines Operationssaals. In der Regel sind alle Geräte in ausreichender Anzahl vorhanden. Vor allem zu Informationszwecken wäre eine Hilfestellung beim Auffinden der Geräte interessant.

Ein Beatmungsgerät wird zu Beginn jeden Tages getestet und dann den Tag über für mehrere Patienten verwendet, wobei nach jedem Patienten ein Filterwechsel stattfindet. Erst am Ende des Tages wird mechanisch gereinigt. Hierbei werden auch die Schläuche getauscht. Als Ersatz für Geräte, die gerade beim TÜV (Wartung) sind, gibt es Ersatzgeräte, die in einem Lager aufbewahrt werden. Das Eichamt muss die Geräte alle 2 Jahre überprüfen.

Ein Arzt entscheidet welches Gerät zum Einsatz kommt, und er ist derjenige, der es bedient. Das Auffinden der Geräte wird vom Pflegepersonal durchgeführt. Es wird über das soziale Wissen der Schwestern und Stationsmitarbeiter koordiniert. Es gibt zwar eine Dienstanweisung, Gerätetausch und Gerätebewegungen zu dokumentieren, in der Praxis wird dies oft nicht gemacht. Bei einem akuten Ausfall eines Gerätes wird durch die diensthabende Schwester Ersatz gesucht und beschafft.

Um manche Geräte bedienen zu dürfen, ist eine Qualifikation notwendig. Eine derartige Qualifikation erhält ein Arzt durch eine Einweisung, die vom Hersteller selbst oder von einer bereits eingewiesenen Person gehalten wird. Eine Einweisung wird im Gerätepass des Eingewiesenen dokumentiert und zusätzlich in einer elektronischen Liste festgehalten, um Bedarf für Schulungen zu erkennen.

Kleingeräte wie Infusionspumpen, Anwärmgeräte, Autotransfusionsgeräte und Monitore verteilen sich in der Klinik. Hier wäre eine Hilfe zum Auffinden sinnvoll. Vor allem bei „Selbstmedikationsgeräten für Schmerzpatienten“ wäre eine Lokalisierbarkeit sehr hilfreich, da diese den Patienten mitgegeben werden und dann bei irgendeiner Station landen und dort wiedergefunden werden müssen. Es findet bisher nur eine Dokumentation darüber statt, welches Gerät welchem Patienten mitgegeben wurde.

Ansprechpartner bei Fragen zu einem Gerät für einen behandelnden Arzt ist der Oberarzt im Dienst. Es werden keine Informationen über die Reinigungen festgehalten. Auch die Geräte kennen ihren Reinigungszustand nicht. Zur Station gibt es einen offiziellen Eingang und zusätzlich noch ca. vier brandschutztechnische Eingänge. Im Durchschnitt wird jede Woche zwei- bis dreimal nach einem Gerät gesucht.

## **9.1.2 Gespräch mit einem Vertreter der Ärzte am MRI**

### **Gesprächsergebnisprotokoll**

**Teilnehmer:** Herr Dr. Schneider (Oberarzt), Patricia Badi Umer, Andreas Dollinger, Sebastian Esch, Felix Weyde

**Gesprächsdatum:** 16.01.2006

**Ort:** Station 1/1 des Klinikums rechts der Isar

**Gesprächsthema:** Situation am MRI, gewünschte Anforderungen aus Sicht der Ärzte.

Die Dienstanweisung zum Dokumentieren von Gerätebewegungen wird nicht immer befolgt. Ein Arzt bestimmt über die Verwendung von Geräten, das Pflegepersonal muss die Geräte finden. Wenn nach einem Gerät gesucht werden muss, dann handelt es sich in den meisten Fällen um Monitore und Pumpen.

Abrechnung der Geräte erfolgt über SAP durch den Arzt.

Es gibt keine gesonderte Datenschutzbestimmungen über die Nutzung von Geräten. Der persönliche Datenschutz der Patienten muss jedoch immer gewährleistet werden.

Die Kosten eines Perfusors betragen ca. EUR 7000.

Es gibt keine Informationen über die Auslastung der Geräte, nur von Narkose-Beatmungsgeräten wäre es möglich die Auslastung nachzuvollziehen, da der Einsatz dieser Geräte im Rahmen der Leistungserfassung festgehalten sind. Ein Schätzwert für die Auslastung der Pumpen liegt bei ca. 20 Prozent. Die OP-Säle haben eine Auslastung von ca. 70 Prozent.

Es gibt OP-Belegungspläne. Die Geräte werden nicht gesondert gebucht. Im vorhandenen SAP-System wird eine Geräte-Raum-Zuordnung und Raum-Patient-Zuordnung festgehalten.

Eine Dokumentation, welche Geräte außer Haus sind, eine Belegungsplanung der Geräte und die Auslastung der Schmerzpumpen zu kennen, wäre wünschenswert, wobei eine Belegungsplanung der Geräte als nicht realistisch eingeschätzt wird. Es sind ca. 40 Schmerzpumpen in der Klinik vorhanden. Außerdem besteht der Wunsch, den Status (in Betrieb/nicht in Betrieb) und den Standort eines Gerätes zu kennen.

### **9.1.3 Gespräch mit einem Vertreter der Medizintechnik am MRI**

#### **Gesprächsergebnisprotokoll**

**Teilnehmer:** Herr Ziegler (Medizintechnik), Patricia Badi Umer, Andreas Dollinger, Sebastian Esch, Felix Weyde

**Gesprächsdatum:** 16.01.2006

**Ort:** Werkstatt der Medizintechnik des Klinikums rechts der Isar

**Gesprächsthema:** Situation am MRI

Die Stammdaten sowie die Wartungsintervalle werden über eine eigene Software verwaltet (MEDOC). Es ist von der Krankenhausverwaltung geplant, SAP einzuführen und die Stammdatenverwaltung in das neue System zu migrieren.

Die Stammdatenkontrolle, die messtechnische Kontrolle und die Eichung der Geräte werden in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Das Medizinproduktegesetz teilt die Geräte in Klassen auf, für welche jeweils die Häufigkeit von Stammdatenkontrollen und Überprüfungen festgelegt ist.

Wartungen und Reparaturen werden im System festgehalten und mit Datum, Firma und ausführende Person versehen. Bei jeder Reparatur wird eine Stammdatenkontrolle durchgeführt. Bei einer Wartung werden keine, über die seriellen Schnittstellen der Geräte gewonnenen, Informationen verwendet. Viele Geräte, vor allem die größeren, stellen eine serielle Schnittstelle zur Verfügung. Wie der Zugriff auf die Informationen erfolgt, ist allerdings von dem jeweiligen Hersteller abhängig.

Bei der Suche nach einem Gerät ruft die Medizintechnik bei der Station an, der das Gerät zugeordnet ist und fragt nach dem aktuellen bzw. nach dem letzten bekannten Standort.

## **9.2 Gesprächsprotokoll der Livedemonstration**

Nach Beenden der Implementierung und Testphase hat ein zusätzlicher Termin mit Herrn Poth, Rechenzentrumsleiter des MRI, stattgefunden. Bei diesem Termin wurden die Ergebnisse des Projektes vorgestellt und der Testaufbau im FMI Gebäude vorgeführt. Es folgt eine Zusammenfassung der besprochenen Punkte.

### **Gesprächsergebnisprotokoll**

**Teilnehmer:** Herr Poth (Rechenzentrumsleiter), Patricia Badi Umer, Andreas Dollinger, Gregor Maier, Andreas Schweiger

**Gesprächsdatum:** 29.03.2006

**Gesprächsthema:** Betrachtung des Betriebstestsaufbaus und der Ergebnisse

Es wurde ausführlich über die verwendete Netzwerktopologie und über Sicherheitsaspekte, beispielsweise die Abgrenzung des produktiven Netzes vom Netz zur Übermittlung der Tracking-Daten, diskutiert. Das MRI plant, das E-Token Konzept zu verwenden.

Das Klinikum rechts der Isar hat Tests mit Tracking-Systemen kommerzieller Anbieter durchgeführt. Die Ergebnisse sind mit den Ergebnissen dieses Projektes vergleichbar. Besonders zu erwähnen ist hier, dass die Genauigkeit der Positionsberechnung in beiden Fällen stark von der Anzahl und der Aufstellung der Accesspoints abhängig war. Der Einfluss der teilweise Blei enthaltenden Wände auf die Ortungsgenauigkeit war beachtlich. Die Entwickler von MagicMap und anderen Tracking-Lösungen empfehlen, die Accesspoints an den Außenwänden anzubringen, um eine genauere Postionsberechnung zu erhalten. Auf das Klinikum rechts der Isar übertragen, würde dies eine Installation der Accesspoints in den Patientenzimmern bedeuten. Aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit sollte dies vermieden werden.

Als weitere wichtige Punkte sind noch die Kommunikation mit dem Gerät, um Status und Parameter abzufragen, und die Anbindung an die geplante klinikumsweite Gerätestammdatenbank im SAP-System zu erwähnen.

## **9.3 Lastenheft**

### **9.3.1 Zielbestimmung**

Zielsetzung ist die Standortbestimmung und das automatische Auslesen von ausgewählten Parametern bezüglich der Betriebsbereitschaft und des Status von verschiedenen hochpreisigen beweglichen Geräten im Krankenhaus in Echtzeit. Diese Daten sollen dem

Krankenhaus zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt werden. Besonders zu beachten ist die elektromagnetische Verträglichkeit der Lösung.

Das Ergebnis des Projektes liefert kein fertiges Endprodukt. Es dient lediglich zur Ermittlung von Machbarkeit, Funktionalität und möglichen auftretenden Problemen (Proof-of-Concept). Dem Kunden soll vermittelt werden, wie eine mögliche Lösung aussehen könnte.

### 9.3.2 Produkteinsatz

Die gewonnenen Daten unterstützen das Krankenhauspersonal beim Auffinden der Geräte und bei der Bedarfs- und Belegungsplanung. Wartungsbedarf und Fehlfunktion können zeitnah festgestellt werden, auch Schwund und Diebstahl können minimiert werden. Dadurch steigt die Wirtschaftlichkeit. Mögliche Zielgruppen sind medizinisches Personal und Medizintechniker im Krankenhausbereich.

Das Produkt soll im Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München zum Testeinsatz kommen.

### 9.3.3 Produktübersicht

Der Benutzerkreis ist das zuvor geschilderte Krankenhauspersonal, im Nachfolgenden Benutzer genannt. Die Benutzer können verschiedene Rollen einnehmen und verschiedene Funktionen ausführen.

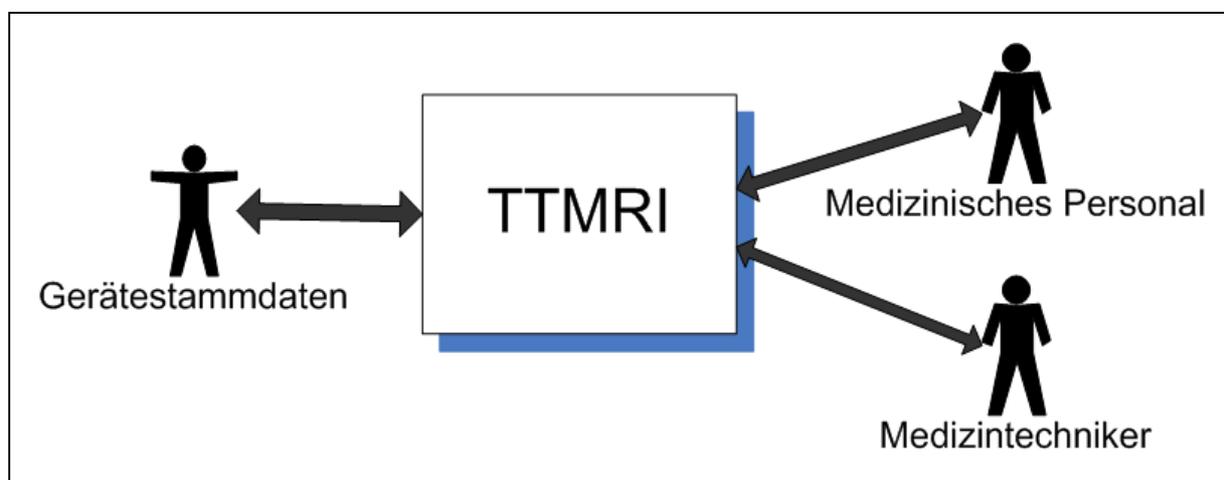


Abbildung 9.1: Umweltdiagramm (eigene Darstellung)

### 9.3.4 Produktfunktionen

- /LF 10/      **Geschäftsprozess:** Gerätestandort feststellen  
**Akteur:** Benutzer  
**Beschreibung:** Der Benutzer bekommt den Standort eines bestimmten Gerätes mitgeteilt.
- /LF 20/      **Geschäftsprozess:** Gerätestatus feststellen  
**Akteur:** Benutzer  
**Beschreibung:** Der Benutzer bekommt den Status eines bestimmten Gerätes mitgeteilt.
- /LF 30/      **Geschäftsprozess:** Standorte einer Gerätegruppe feststellen  
**Akteur:** Benutzer  
**Beschreibung:** Der Benutzer bekommt die Standorte der einzelnen Geräte einer bestimmten Gerätegruppe (z.B. Gerätetyp, Hersteller) mitgeteilt.

### 9.3.5 Produktdaten

Die Abfrage der Produktdaten soll rund um die Uhr (24/7h) möglich sein. Die Menge der bearbeiteten Daten hängt von der Anzahl der Geräte, der gewünschten Parameter, der Veränderung der Standorte und der Größe des Gebäudes ab. Es wird keine Historie über die Standorte der Geräte oder deren Status gehalten.

- /LD 10/      Standort der Geräte
- /LD 20/      Status der Geräte
- /LD 30/      Gebäudepläne
- /LD 40/      Stammdaten der Geräte

### 9.3.6 Produkteleistungen

- /LL 10/      Die Genauigkeit der Standortbestimmung (/LD 10/) ergibt sich aus der Genauigkeit der eingesetzten Tracking-Software.
- /LL 20/      Die Reaktionszeit einer Abfrage soll für Testzwecke ausreichend schnell sein.
- /LL 30/      Die Komponenten des Systems kommunizieren mittels WebServices über ein vorhandenes Netzwerk (WLAN).

### 9.3.7 Qualitätsanforderungen

Tabelle 9.1: Qualitätsanforderungen

Produktqualität	Gut	Normal	Nicht relevant
Funktionalität		X	
Zuverlässigkeit		X	
Benutzbarkeit		X	
Effizienz			X
Änderbarkeit	X		
Übertragbarkeit	X		

Normale Funktionalität bedeutet, dass jede Funktion des Systems die ihm zugedachte Aufgabe ausführt. Das System erfüllt die im Pflichtenheft definierten Anforderungen.

Normale Zuverlässigkeit bedeutet, dass alle Funktionen getestet werden und bei Eingaben Datentypüberprüfungen durchgeführt werden.

Normale Benutzbarkeit bedeutet, dass der Prototyp relevante Informationen übersichtlich darstellt und eine schnelle Bedienung ermöglicht.

Da es sich um einen Prototypen handelt, ist die Effizienz nicht relevant.

Gute Änderbarkeit wird durch eine vollständige und genaue Dokumentation sowie klar definierte Schnittstellen zwischen den Systemkomponenten erreicht.

Gute Übertragbarkeit wird erreicht durch Systemkomponenten, die modular aufgebaut sind. Das System ist grundsätzlich nicht auf einen konkreten Anwendungsbereich festgelegt.

### 9.3.8 Ergänzungen

#### Anbindung an Stammdaten

Das System basiert auf den Stammdaten der medizinischen Geräte. Diese müssen in einer geeigneten Form zur Verfügung gestellt und an das System angebunden werden.

## 9.4 Glossar

Klinikumpersonal	Alle Mitarbeiter des Klinikums rechts der Isar, die mit den beweglichen Geräten arbeiten, → Medizinisches Personal und → Medizintechniker.
Medizinisches Personal	Alle medizinischen Mitarbeiter der Klinik, Ärzte und Pflegepersonal.
Medizintechniker	Technisches Personal, verantwortlich für die Betreuung der medizinischen Geräte und Verwaltung von deren → Stammdaten im Klinikum rechts der Isar.
Tracking-Software	Eine Tracking-Software ist eine Anwendung, die die Lokalisierung von Objekten ermöglicht.
Stammdaten	Sammlung von Informationen über die Geräte, die gespeichert und verwaltet werden.

## 9.5 Pflichtenheft

### 9.5.1 Zielbestimmung

Zielsetzung ist die Standortbestimmung und das automatische Auslesen von ausgewählten Parametern bezüglich der Betriebsbereitschaft und des Status' von verschiedenen hochpreisigen beweglichen Geräten im Krankenhaus in Echtzeit. Diese Daten sollen dem Krankenhaus zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt werden. Besonders zu beachten ist die elektromagnetische Verträglichkeit der Lösung.

#### 9.5.1.1 Musskriterien

Eine systematische Erhebung der Anforderungen (Anforderungsanalyse), insbesondere in Bezug auf elektromagnetische Verträglichkeit, Genauigkeitsanforderungen an die Standortbestimmung und die gewünschten Parameter der medizinischen Geräte, ist durchzuführen.

Eine Marktschau und Anbieteranalyse soll geeignete Indoor Tracking-Lösungen identifizieren, gefundene Lösungen gegenüberstellen und die beste Lösung bestimmen.

Ein prototypisches Design und die Implementierung sollen vorgestellt werden. Die Implementierung soll eine Suche in den Stammdaten und eine Anzeige des Suchergebnisses mit Position und Status der Geräte ermöglichen.

### **9.5.1.2 Wunschkriterien**

Auf Wunsch des Kunden soll ein Prototyp auf einer hausinternen Messe demonstriert werden. Dafür soll ein Testaufbau vor Ort vorgenommen und eine rudimentäre grafische Benutzeroberfläche zu Anschauungszwecken entwickelt werden. Die dazu nötigen Informationen sollen im Kundengespräch eruiert werden.

### **9.5.1.3 Abgrenzungskriterien**

Die ermittelte Lösung und der entwickelte Prototyp sind kein fertiges Endprodukt. Sie dienen lediglich zur Ermittlung von Machbarkeit, Funktionalität und möglichen auftretenden Problemen (Proof-of-Concept). Dem Kunden soll vermittelt werden, wie eine eventuelle Lösung aussehen könnte.

## **9.5.2 Produkteinsatz**

Die gewonnenen Daten unterstützen das Krankenhauspersonal beim Auffinden der Geräte und bei der Bedarfs- und Belegungsplanung. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit der Daten wäre die zeitnahe Feststellung von Wartungsbedarf und Fehlfunktion, und die Minimierung von Schwund und Diebstahl. Dies ermöglicht eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit. Mögliche Zielgruppen sind medizinisches Personal und Medizintechniker im Krankenhausbereich.

### **9.5.2.1 Anwendungsbereiche**

Primärer Anwendungsbereich ist das Tracking, Tracing und die Statusabfrage von hochpreisigen medizinischen Geräten im Krankenhausbereich.

### **9.5.2.2 Zielgruppen**

Die Hauptzielgruppe besteht aus dem medizinischen Personal und den Medizintechnikern, die einsatzfähige Geräte mit geringem Aufwand zeitnah lokalisieren möchten. Als weitere Zielgruppe ist das Verwaltungspersonal denkbar, das mit Hilfe der Daten die Auslastung der Geräte optimieren und die Abrechnung der Geräteeinsätze realisieren könnte.

### **9.5.2.3 Betriebsbedingungen**

Das System soll rund um die Uhr Standort- und Statusdaten aller angebotenen Geräte verfolgen und diese auf Anfrage an Endgeräte (Clients) übermitteln.

### 9.5.3 Produktübersicht

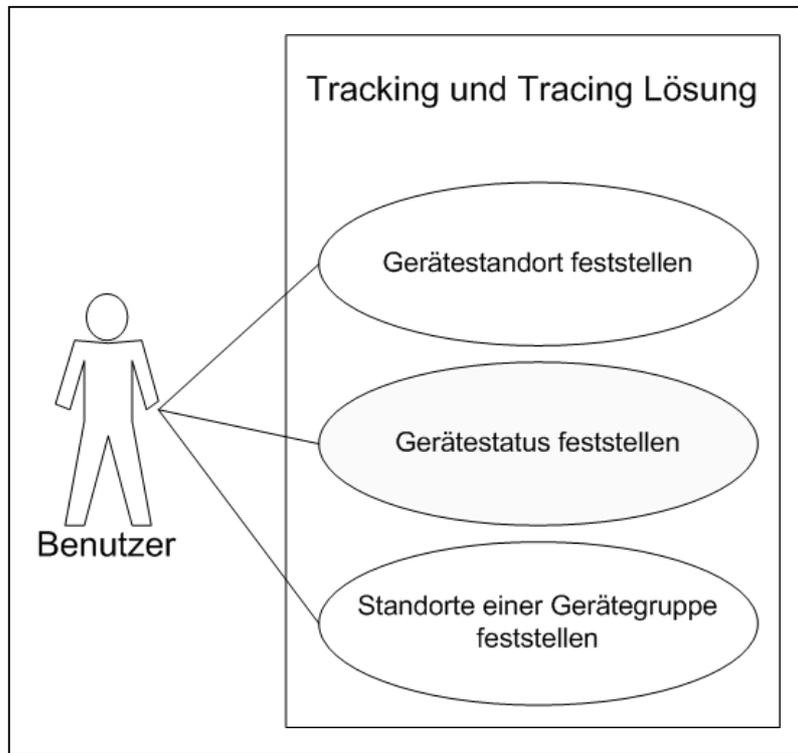


Abbildung 9.2: Umweltdiagramm (eigene Darstellung)

Der Benutzerkreis der Tracking- und Tracing-Lösung ist das Klinikpersonal, im Nachfolgenden Benutzer genannt. Das Klinikpersonal umfasst alle Mitarbeiter der Klinik, die die Software benutzen.

### 9.5.4 Produktfunktionen

/F 10/ (/LF 10/)

**Geschäftsprozess:** Gerätestandort feststellen

**Ziel:** Der Benutzer erfährt den Standort des gesuchten Gerätes.

**Kategorie:** primär

**Vorbedingungen:** Das gesuchte Gerät und sein Standort sind dem System bekannt.

**Nachbedingung Erfolg:** Der Gerätestandort wurde gefunden und angezeigt.

**Nachbedingung Fehlschlag:** Der Gerätestandort wurde nicht gefunden und nicht angezeigt.

**Akteure:** Benutzer

**Auslösendes Ereignis:** Es ist Informationsbedarf hinsichtlich des Standorts eines Gerätes aufgetreten.

**Beschreibung:** Der Benutzer sucht nach einem bestimmten Gerät. Das

System zeigt dem Benutzer den Standort des Gerätes an.  
**Erweiterung:** Zusätzlich werden die Stammdaten des Gerätes angezeigt.

**Alternativen:** -

/F 20/ (/LF 20/)

**Geschäftsprozess:** Gerätestatus feststellen

**Ziel:** Der Benutzer erfährt den Status des gesuchten Gerätes.

**Kategorie:** primär

**Vorbedingungen:** Das gesuchte Gerät und sein Status sind dem System bekannt.

**Nachbedingung Erfolg:** Der Gerätestatus wurde gefunden und angezeigt.

**Nachbedingung Fehlschlag:** Der Gerätestatus wurde nicht gefunden und nicht angezeigt.

**Akteure:** Benutzer

**Auslösendes Ereignis:** Es ist Informationsbedarf hinsichtlich des Status eines Gerätes aufgetreten.

**Beschreibung:** Der Benutzer sucht nach dem Status eines bestimmten Gerätes. Das System zeigt dem Benutzer den Status des Gerätes an.

**Erweiterung:** Zusätzlich werden die Stammdaten des Geräts angezeigt.

**Alternativen:** -

/F 30/ (/LF 30/)

**Geschäftsprozess:** Standorte einer Gerätegruppe feststellen

**Ziel:** Der Benutzer erfährt die Standorte der gesuchten Geräte.

**Kategorie:** primär

**Vorbedingungen:** Die gesuchten Geräte und ihre Standorte sind dem System bekannt.

**Nachbedingung Erfolg:** Die Gerätestandorte wurden gefunden und angezeigt.

**Nachbedingung Fehlschlag:** Die Gerätestandorte wurden nicht gefunden und nicht angezeigt.

**Akteure:** Benutzer

**Auslösendes Ereignis:** Es ist Informationsbedarf hinsichtlich der Standorte mehrerer Geräte aufgetreten.

**Beschreibung:** Der Benutzer sucht nach einer Gerätegruppe (z.B. bestimmter Hersteller, Typ). Das System zeigt dem Benutzer die Standorte der Geräte an.

**Erweiterung:** Zusätzlich werden die Stammdaten der Geräte angezeigt

**Alternativen:** -

### 9.5.5 Produktdaten

Die Abfrage der Produktdaten soll rund um die Uhr möglich sein. Die Menge der bearbeiteten Daten hängt von der Anzahl der Geräte, der gewünschten Parameter, der Veränderung der Standorte und der Größe des Gebäudes ab. Es wird keine Historie über die Standorte der Geräte oder deren Status gehalten. Die Stammdaten werden aus der MEDOC Datenbank der Medizintechnik übernommen. Die Inventarnummer wird als eindeutiger Bezeichner verwendet.

- /LD 10/ Standort der Geräte:  
– Koordinate in Bezug auf Gebäudeplan, normiert zwischen 0 und 1,0.  
– Koordinatenursprung ist die linke obere Ecke des Gebäudeplanes.
- /LD 20/ Status der Geräte:  
– Ready: Gerät ist einsatzbereit.  
– In Use: Gerät wird derzeit verwendet.  
– Out of Order: Gerät benötigt Wartung bzw. Gerät ist gestört.  
– Offline: Gerät ist entweder nicht angemeldet oder es wurden zu lange keine Status Updates übermittelt.
- /LD30/ Gebäudepläne:  
Eindeutig benannt.
- /LD 40/ Stammdaten der Geräte:  
Inventarnummer, allgemeine Bezeichnung, Hersteller, Typ/Modell, Gerätenummer, Firma EDV Nummer, Kostenstelle, Baujahr, Inventarnummer, Gerätecode, MPG-Klasse, Klinik, Station/Abt, erstmalige Inbetriebnahme, Erfassungsdatum

### 9.5.6 Produktleistungen

- /LL 10/ Die Genauigkeit der Standortbestimmung (/LD 10/) ergibt sich aus der Genauigkeit der eingesetzten Tracking-Software.
- /LL 20/ Die Reaktionszeit einer Abfrage soll für Testzwecke ausreichend schnell sein.
- /LL 30/ Die Komponenten des Systems kommunizieren mittels WebServices über ein vorhandenes Netzwerk (WLAN).

## 9.5.7 Qualitätsanforderungen

Tabelle 9.2: Qualitätsanforderungen

<b>Produktqualität</b>	<b>Gut</b>	<b>Normal</b>	<b>Nicht relevant</b>
<b>Funktionalität</b>			
Angemessenheit		X	
Richtigkeit		X	
Interoperabilität	X		
Ordnungsmäßigkeit		X	
Sicherheit			X
<b>Zuverlässigkeit</b>			
Reife		X	
Fehlertoleranz		X	
Wiederherstellbarkeit	X		
<b>Benutzbarkeit</b>			
Verständlichkeit		X	
Erlernbarkeit		X	
Bedienbarkeit		X	
<b>Effizienz</b>			
Zeitverhalten		X	
Verbrauchsverhalten			X
<b>Änderbarkeit</b>			
Analysierbarkeit		X	
Modifizierbarkeit	X		
Stabilität	X		
Prüfbarkeit	X		

<b>Übertragbarkeit</b>			
Anpassbarkeit	X		
Installierbarkeit		X	
Konformität	X		
Austauschbarkeit	X		

Normale Funktionalität bedeutet, dass jede Funktion des Systems die ihm zugeordnete Aufgabe ausführt. Das System erfüllt die im Pflichtenheft definierten Anforderungen.

Normale Zuverlässigkeit bedeutet, dass alle Funktionen getestet werden und bei Eingaben Datentypüberprüfungen durchgeführt werden.

Normale Benutzbarkeit bedeutet, dass der Prototyp relevante Informationen übersichtlich darstellt und eine schnelle Bedienung ermöglicht.

Da es sich um einen Prototypen handelt, ist die Effizienz nicht relevant.

Gute Änderbarkeit wird durch eine vollständige und genaue Dokumentation sowie klar definierte Schnittstellen zwischen den Systemkomponenten erreicht.

Gute Übertragbarkeit wird erreicht, in dem die Systemkomponenten modular aufgebaut sind und das System grundsätzlich nicht auf einen konkreten Anwendungsbereich festgelegt ist.

### 9.5.8 Benutzungsoberfläche

Die Benutzeroberfläche wird als Prototyp definiert. Dieser soll intuitiv gestaltet und benutzerfreundlich sein. Der Standort eines Gerätes soll durch ein Symbol auf einem Gebäudeplan dargestellt werden. Eine Ampeldarstellung des Symbols soll die schnelle Erkennung des Status' eines Gerätes unterstützen.

Es werden keine unterschiedliche Zugriffsrechte und Rollen berücksichtigt.

### 9.5.9 Nichtfunktionale Anforderungen

Die Normen und Richtlinien für die elektromagnetische Verträglichkeit sind einzuhalten.

Die Plattformunabhängigkeit soll gewährleistet werden.

## **9.5.10 Technische Produktumgebung**

### **9.5.10.1 Software**

#### **Client-Software**

Als Client dient eine selbstentwickelte grafische Benutzeroberfläche.

#### **Middleware**

Die Middleware wird im Rahmen des Projektes entwickelt.

Stammdaten: Als Backend für die Gerätestammdaten kommt ein PostgreSQL Server zum Einsatz. Das Datenbankschema wird, basierend auf der MEDOC Geräteliste der Medizintechnik des MRI, selbst erstellt.

Tracking: Als Tracking-Backend kommt eine modifizierte Version von MagicMap zum Einsatz.

Statusabfrage: Das Backend zur Statusabfrage wird selbst entwickelt. Die Abfrageeinheit soll über eine RS-232 Schnittstelle mit dem medizinischen Gerät kommunizieren können. Die Verwendung des MEDIBUS Protokolls zur Kommunikation zwischen Abfrageeinheit und medizinischem Gerät ist wünschenswert.

Software der Trackingunit: Die Software auf den Trackingunits ist zum einen MagicMap für die Positionsbestimmung und zum anderen eine selbstentwickelte Software zur Abfrage des Status des medizinischen Gerätes.

### **9.5.10.2 Hardware**

#### **Client**

Der Client muss in der Lage sein, grafische Javaapplikationen bzw. Applets auszuführen. Portable Geräte sind wünschenswert, da eine mobile Abfrage von Ärzten möglich sein sollte.

#### **Middlewareserver**

Der Middlewareserver sollte ein moderner PC mit mindestens 1,5 Ghz CPU und mindestens 512 MB, besser 1024 MB RAM sein.

#### **Trackingunits**

Die Trackingunits werden an den zu überwachenden und zu lokalisierenden medizinischen Geräten befestigt. Als Hardware sollten Notebooks oder Barebone-PCs mit WLAN eingesetzt werden. Die Trackingunits sollten mit einer 1 Ghz CPU und 512 MB RAM ausgestattet sein. Die Trackingunit übermittelt sowohl Positionsdaten als auch Statusinformationen.

### **9.5.10.3 Produktschnittstellen**

Das System soll modular aufgebaut sein, sämtliche Kommunikation soll über Schnittstellen erfolgen. Die Interaktion der Middleware mit den einzelnen Komponenten (Stammdaten,

Tracking, Statusabfrage) erfolgt über definierte Java Interfaces, sodass der Austausch von Backends leicht möglich ist.

Der Datenaustausch zwischen Client und Middleware soll über Axis WebServices mittels SOAP erfolgen.

Der Datenaustausch zwischen Middleware und der Statusabfrage-Software der Trackingunit erfolgt ebenfalls über Axis WebServices.

### **9.5.11 Spezielle Anforderungen an die Entwicklungsumgebung**

Die Software soll in Java erstellt werden. Die Projektverwaltung und die Kompilierung des Quellcodes sollen mit Hilfe von Apache Ant erfolgen. Eine spezifische Entwicklungsumgebung ist nicht erforderlich. Zur Synchronisation des Entwicklungsprozesses wird *Subversion* verwendet.

### **9.5.12 Ergänzungen**

Die Gerätestammdaten werden aus der MEDOC Datenbasis der Medizintechnik des Klinikums rechts der Isar (siehe 9.5.10.3 Produktschnittstellen) übernommen und in ein relationales Datenbankschema überführt. Da die MEDOC Datenbasis lediglich als MS Access Datenbank vorliegt, ist eine direkte Anbindung an das TTMRI System nicht möglich.

### **9.5.13 Architektur**

Wie in Abschnitt 10 beschrieben, soll das System modular aufgebaut werden. Die Middleware dient als zentrale Informationsdrehscheibe. Durch den modularen Aufbau ist es leicht möglich, einzelne Teilkomponenten, z.B. das Tracking-Modul, zu ersetzen.

#### **9.5.13.1 Grafische Benutzeroberfläche**

Die grafische Benutzerschnittstelle stellt die Anfragen an die Middleware und liefert den Benutzern die Antworten des Systems zurück. Der Status und die Positionen der Geräte werden grafisch auf einem Gebäudeplan dargestellt.

#### **9.5.13.2 Tracking**

Das Tracking-Modul erhält als Anfrageparameter ein zu suchendes Gerät (Inventarnummer) und liefert als Ergebnis dessen Position zurück. Aus Effizienzgründen soll es möglich sein, die Position von mehreren Geräten gleichzeitig zu ermitteln.

### 9.5.13.3 Statusabfrage

Das Modul zur Parameterabfrage erhält als Anfrageparameter eine Inventarnummer und liefert als Ergebnis den aktuellen Status des Gerätes zurück. Analog zum Tracking sollen auch bei der Statusabfrage mehrere Geräte gleichzeitig angefragt werden können.

### 9.5.13.4 Stammdateninterface

Das Stammdateninterface stellt der Middleware die Stammdaten der gewünschten Geräte bereit. Die Kommunikation erfolgt über JDBC.

## 9.6 Schnittstellenbeschreibung

Die Schnittstellen des TTMRI Systems werden durch den TTMRI Webservice implementiert.

**Tabelle 9.3: Schnittstellenbeschreibung**

<b>Funktionsname</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Assoziierte Komponente</b>
<i>getAllMaps</i>	Liefert ein Array aller bekannten Gebäudepläne zurück.	GUI
<i>getMapByIdentifizier</i>	Liefert den Gebäudeplan, der durch den angegebenen Identifizier spezifiziert ist, zurück.	GUI
<i>updateMainStatus</i>	Aktualisiert den Status eines medizinischen Gerätes.	Statusabfrage / TTMRI StatusClient
<i>getMainStatus</i>	Liefert den Status eines Gerätes zurück.	Statusabfrage / GUI
<i>getMultiMainStatus</i>	Liefert die Status einer Menge von Geräten zurück.	Statusabfrage / GUI
<i>getPosition</i>	Liefert die Position eines Gerätes zurück.	Positionsbestimmung / GUI
<i>getMultiPositions</i>	Liefert die Positionen einer Menge von Geräten zurück.	Positionsbestimmung / GUI
<i>getRowsByHersteller</i>	Liefert alle Geräte eines Herstellers.	Stammdaten / GUI

<i>getRowByInventar_Nr</i>	Liefert Gerät mit bestimmter Inventarnummern.	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByMPGKlasse</i>	Liefert alle Geräte einer MPG Klasse.	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByKlinik</i>	Liefert alle Geräte, die einer Klinik zugeordnet sind.	Stammdaten / GUI
<i>getRowsByAllg_Bezeichnung</i>	Liefert alle Geräte mit einer bestimmten allgemeinen Bezeichnung.	Stammdaten / GUI
<i>getAllInventar_Nr</i>	Liefert eine Liste aller Inventarnummern.	Stammdaten / GUI
<i>getAllHersteller</i>	Liefert eine Liste aller Hersteller.	Stammdaten / GUI
<i>getAllKlinik</i>	Liefert eine Liste aller Kliniken.	Stammdaten / GUI
<i>getAllKostenstelle</i>	Liefert eine Liste aller Kostenstellen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllStation_Abt</i>	Liefert eine Liste aller Stationen bzw. Abteilungen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllMPGKlasse</i>	Liefert eine Liste aller MPG Klassen	Stammdaten / GUI
<i>getAllAllg_Bezeichnung</i>	Liefert eine Liste aller allgemeinen Bezeichnungen.	Stammdaten / GUI
<i>getAllRows</i>	Liefert eine Liste aller Geräte.	Stammdaten / GUI
<i>searchAllColumns</i>	Ist eine Kombination der <i>getRowsBy</i> Funktionen. Es kann nach einer Kombination von je einem Hersteller, MPG Klasse, etc. gesucht werden.	Stammdaten / GUI

## 9.7 Klassendiagramme

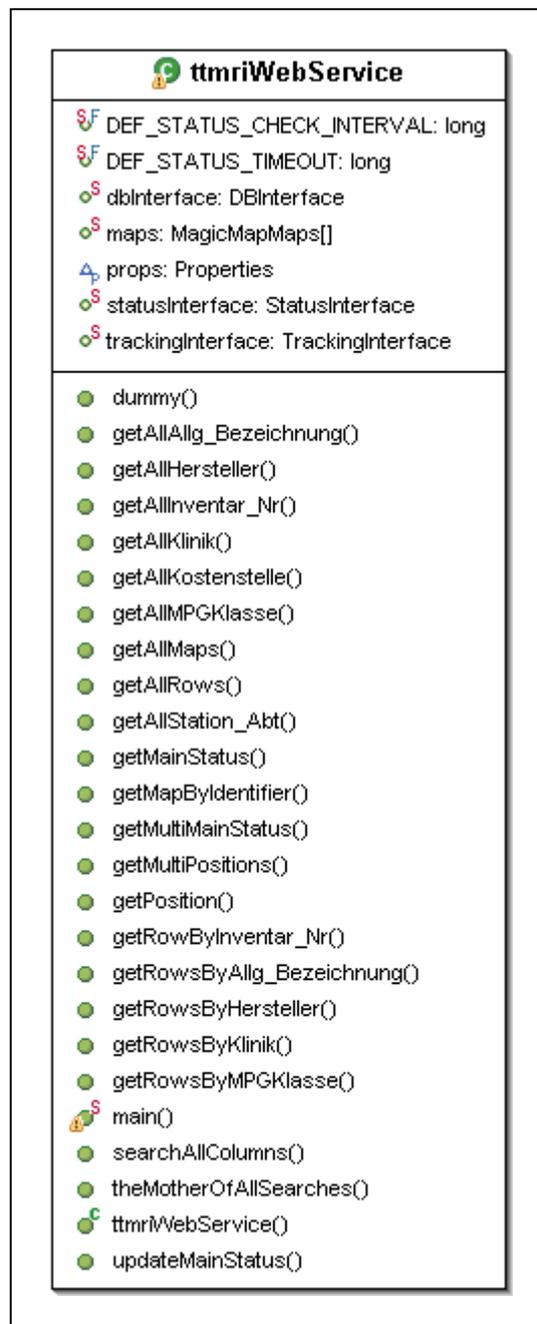


Abbildung 9.3: Klassendiagramm Package ttmri.mw (eigene Darstellung)

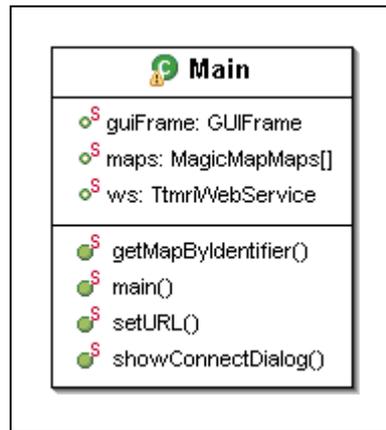


Abbildung 9.4: Klassendiagramm Package ttmri.cli (eigene Darstellung)

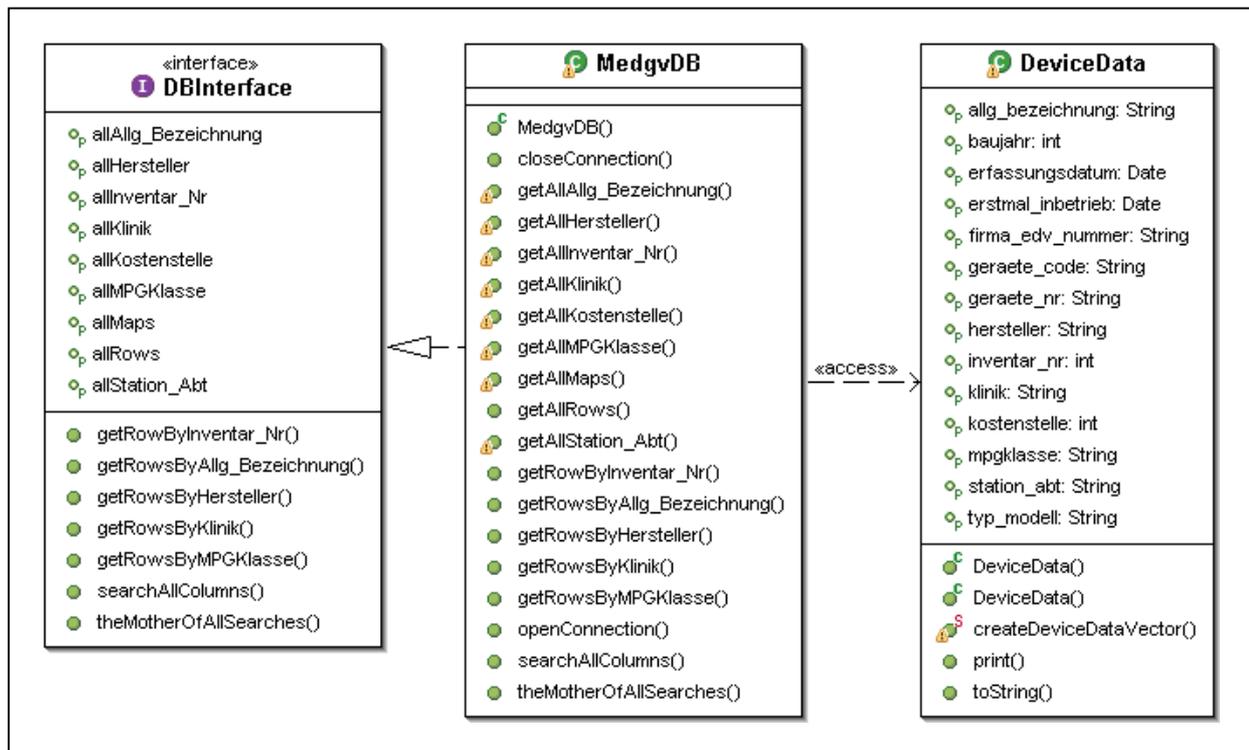


Abbildung 9.5: Klassendiagramm Package ttmri.mw.db (eigene Darstellung)

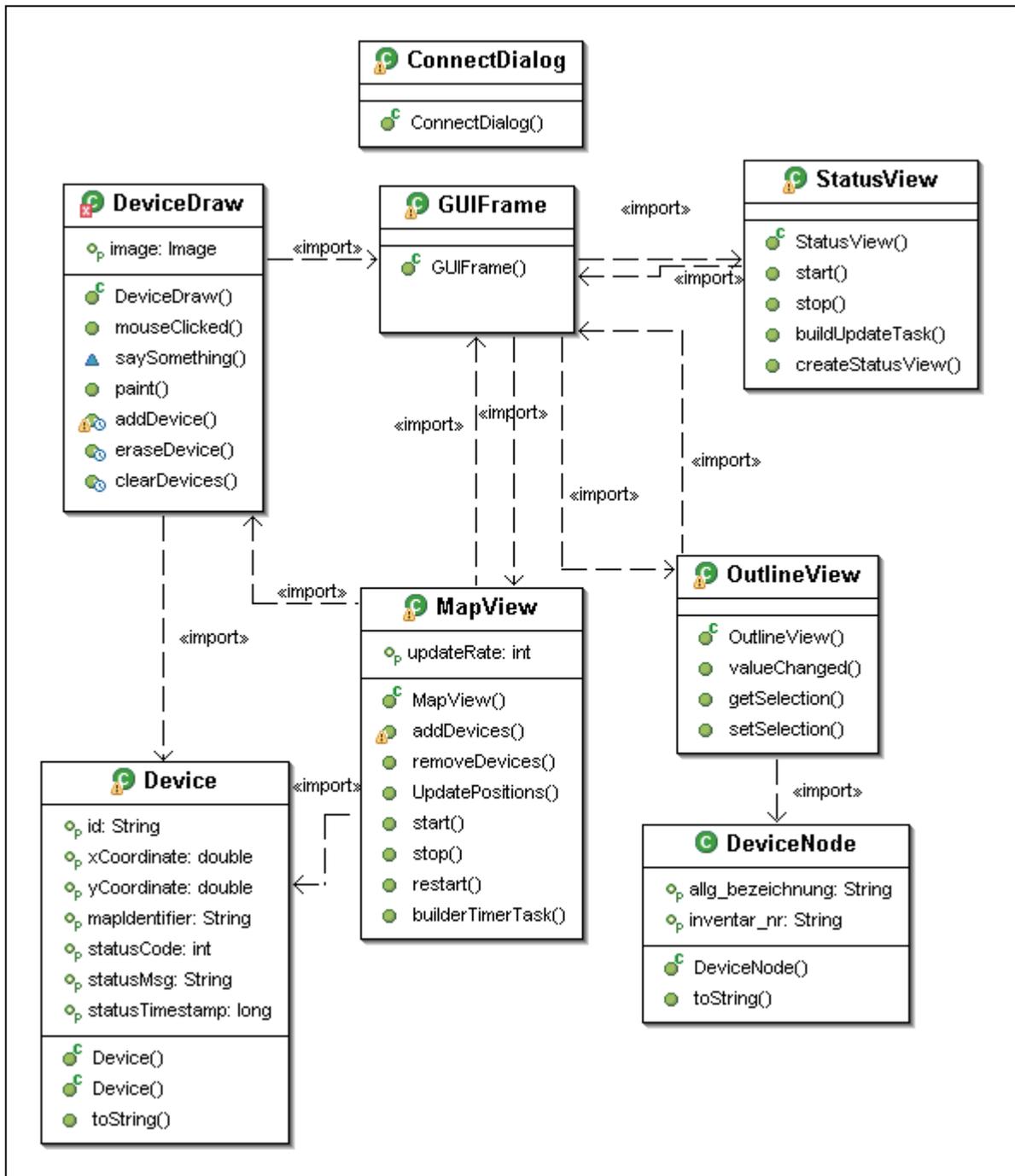


Abbildung 9.6: Klassendiagramm Package `ttmri.cli.gui` (eigene Darstellung)

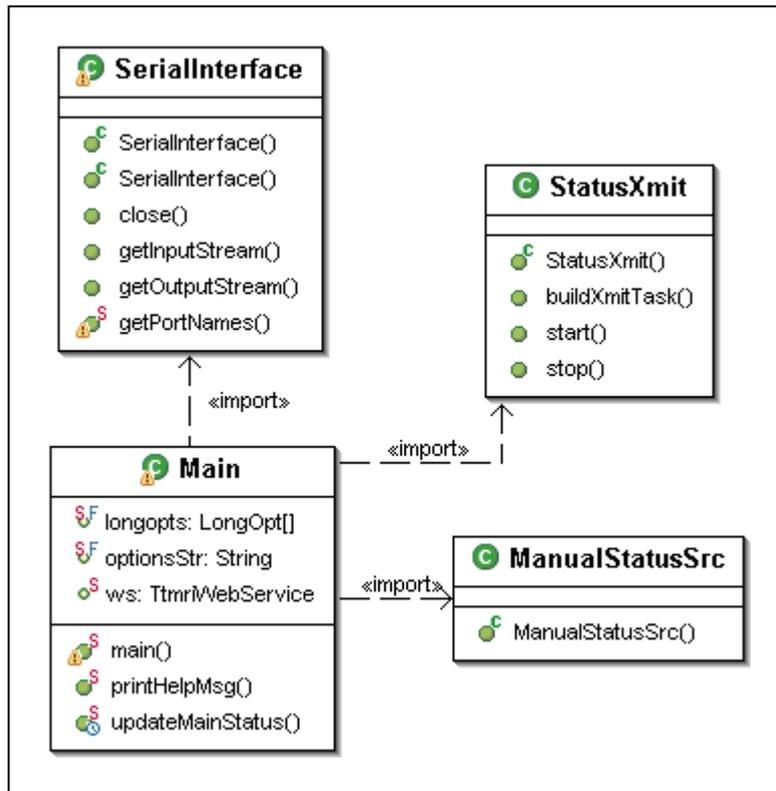


Abbildung 9.7: Klassendiagramm Package ttMRI.statusClient (eigene Darstellung)

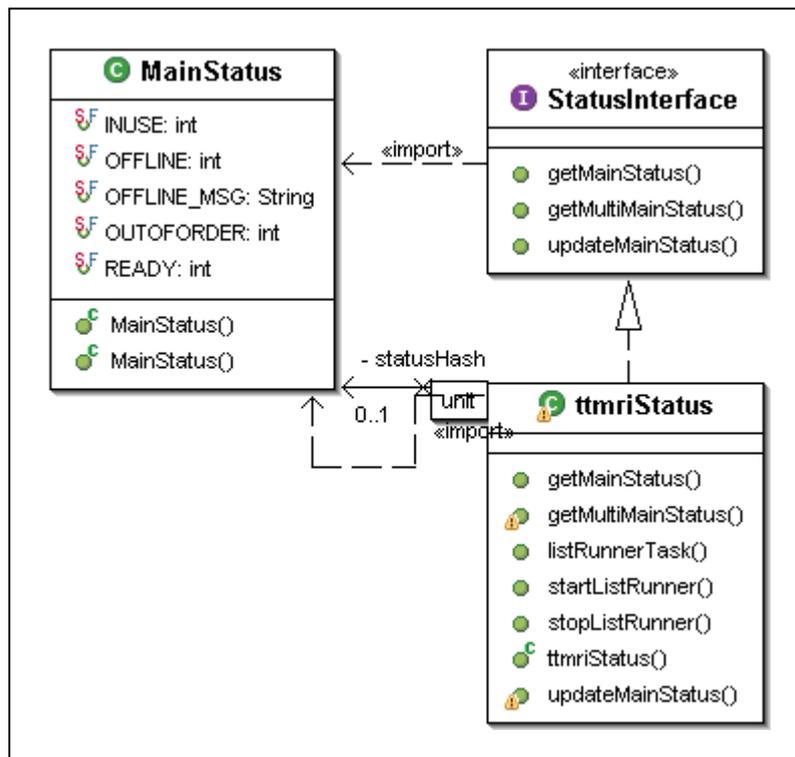


Abbildung 9.8: Klassendiagramm Package ttMRI.mw.status (eigene Darstellung)

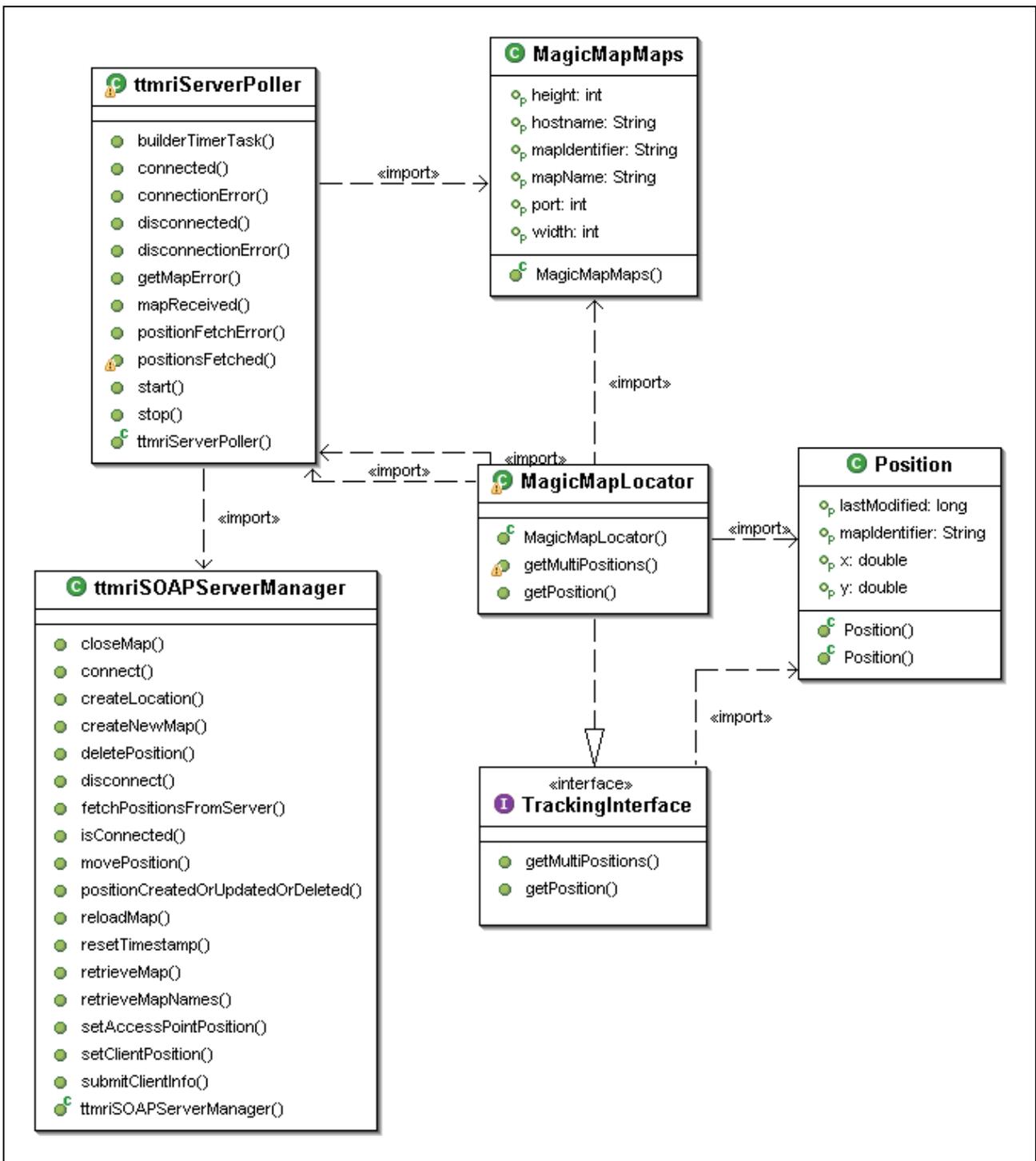


Abbildung 9.9: Klassendiagramm Package `ttmri.mw.tracking` (eigene Darstellung)



## 9.9 Übersicht der Bearbeiter

<b>Kapitel</b>	<b>Bearbeiter</b>
1 Einleitung und Motivation	Andreas Dollinger
2 Anforderungsanalyse	Patricia C. Badi Ulmer
3 Analyse am Markt erhältlicher Technologien und Lösungsangebote	Andreas Dollinger
4 Fachkonzept	Patricia C. Badi Ulmer
5 Implementierung	Gregor Maier
6 Betriebstest	Gregor Maier
7 Zusammenfassung und Ausblick	Patricia C. Badi Ulmer, Andreas Dollinger, Gregor Maier