

F 2804

Uwe Rüppel, Kai Marcus Stübbe, Uwe Zwinger

RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz

F 2804

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2012

ISBN 978-3-8167-8670-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Forschungsbericht

RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz

Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen

Projektleiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel

Bearbeiter: Dr.-Ing. Kai Marcus Stübbe

Dipl.-Ing. Uwe Zwinger



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7 – 09.9 / II 3 – F20-09-062

Projektlaufzeit: Mai 2009 – März 2011

Forschende Stelle: Technische Universität Darmstadt
Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt
Telefon 06151 16 3444
E-Mail sekretariat@iib.tu-darmstadt.de

Praxispartner: Bureau Veritas Brandschutzservices GmbH
FLZ, Cargo City Süd, Geb 558a, 60549 Flughafen Frankfurt a. M.
Fraport AG, Flughafenbrandschutz, 60547 Flughafen Frankfurt a. M.
innoTec GmbH, Mühlenstraße 56, 52457 Aldenhoven
Identec Solutions AG, Millennium Park 2, 6890 Lustenau (CH)

Dieses Forschungsprojekt ist Teil der ARGE RFID im Bauwesen.

Stand: 31.03.2011

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1.....Einleitung	1
1.1. Einführung und Motivation	1
1.2. Zielsetzung	2
1.3. Arbeitsprogramme	3
2.....Stand der Wissenschaft und Technik im Bereich der Wartung von Brandschutzeinrichtungen	5
2.1. Relevante Forschungsprojekte	5
2.1.1. SAP und Fraport	5
2.1.2. Studie am Frankfurter Flughafen	5
2.1.3. WearIT@work	5
2.1.4. Forschungen im Rahmen der ARGE RFID im Bauwesen	5
2.1.5. Kontextsensitives RFID-Gebäude-Leitsystem (TU Darmstadt)	6
2.2. Brandschutz	6
2.2.1. Vorbeugender Brandschutz	7
2.2.1.1. Baulicher Brandschutz	8
2.2.1.2. Organisatorischer Brandschutz	8
2.2.1.3. Anlagentechnischer Brandschutz	9
2.3. Instandhaltung	9
2.4. Rechtliche Rahmenbedingungen der Wartung	12
2.4.1. DIN 14675	13
2.4.2. DIN VDE 0833-1	15
2.4.3. DIN VDE 0833-2	16
2.4.4. TPrüfVO	17
2.5. Instandhaltung von Brandmeldeanlagen	18
2.5.1. Inspektion von Brandmeldeanlagen	18
2.5.2. Wartung von Brandmeldeanlagen	19
2.6. Weitere Objekte und Anlagen des anlagentechnischen Brandschutzes	20
2.6.1. Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen	20
2.6.1.1. Aufbau einer Sprinkleranlage	21
2.6.1.2. Instandhaltung einer Sprinkleranlage	23

2.6.2.	Tragbare Feuerlöscher	26
2.6.2.1.	Instandhaltung von tragbaren Feuerlöschern	27
2.6.3.	Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung	28
2.6.3.1.	Instandhaltung von Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung	30
2.6.4.	Streulichtrauchmelder	31
2.6.5.	Brandschutz-/Rauchschutztüren	32
2.7.	Anforderungen an Akteure der Instandhaltung	33
2.8.	Wartungsintervalle	36
2.9.	Schadensklassen / Schadenscodes	39
3.....	Navigation innerhalb von Gebäuden	42
3.1.	Begriffserklärung Navigation	42
3.2.	Ortung	42
3.2.1.	Ortung in Gebäuden	43
3.2.2.	Ortung mit WLAN	44
3.2.3.	Ortung mit UWB	45
3.2.4.	Ortung mit RFID	46
3.3.	Wegberechnung	48
3.3.1.	Wegenetz	48
3.3.2.	Algorithmen zur Berechnung des kürzesten Pfades	50
3.3.3.	Traveling Salesman Problem	50
3.4.	Zielführung	52
3.5.	Ortungssystem INTELLIFIND ^{RTLS}	53
3.5.1.	Aufbau und Funktionsprinzip des Systems	53
3.5.2.	Optimierungsversuche bei der Bezugspunktefindung	58
3.5.3.	Versuche zur Ermittlung verschiedener Messwerteeinflüsse	59
3.5.4.	Beurteilung des Ortungssystems	59
4.....	Systementwurf	61
4.1.	Anforderungen	61
4.2.	Notwendige Komponenten	62
4.2.1.	Benutzeranwendung	63
4.2.2.	Kartenansicht	64

4.2.3.	Routing	67
4.2.4.	Datenverarbeitung	68
4.2.5.	Datenbankverbindung	69
4.2.6.	Ortung	69
4.3.	Datenbankmodell	70
4.4.	Kommunikation und Netzwerk	73
5.....	Prototypische Implementierung	75
5.1.	Einleitung	75
5.2.	Datenbankmodell	75
5.3.	Datenbank-Schnittstelle	79
5.4.	Kartendarstellung	81
5.5.	Routenberechnung	82
5.6.	Ortungssysteme	85
5.7.	Anwendungen	85
5.7.1.	Anwendung zur Administration	86
5.7.2.	Mobile Anwendung	92
6.....	Evaluation	95
6.1.	Praxistest	95
6.1.1.	Testumgebung	95
6.1.2.	Testszenario	96
6.1.3.	Testdurchführung	96
6.2.	Genauigkeitsmessungen	98
6.2.1.	Reichweiten- und Genauigkeitsmessung	98
6.2.2.	Auswirkungen von unterschiedlichen Gebäudestrukturen auf das RFID-System	99
7.....	Ergebnisse und Erkenntnisse	100
8.....	Zusammenfassung und Ausblick	102
8.1.	Zusammenfassung	102
8.2.	Ausblick	103
9.....	Literaturverzeichnis	104
10. ..	Abbildungsverzeichnis	111
11. ..	Tabellenverzeichnis	113
12. ..	Quellcodeverzeichnis	114

1. Einleitung

1.1. Einführung und Motivation

Brandschutz ist einer der wichtigsten Bereiche der Gebäudesicherheit mit hohen Anforderungen an die Qualität der wartungsintensiven Einzelelemente. Gerade in komplexen Gebäuden bietet hierzu die RFID-Technologie neue Möglichkeiten.

Der Begriff Brandschutz umfasst alle Maßnahmen, die die Entstehung und Ausbreitung von Feuer sowie die damit verbundenen Personen- und Sachschäden verhindern sollen. Sowohl der Gesetzgeber als auch Versicherungsgesellschaften nehmen großen Einfluss auf die Vorschriften für Gebäudeeigentümer und Betreiber. Gebäude mit hohem Publikumsverkehr müssen besonders geschützt werden. Das oberste Schutzziel ist die Sicherheit von Leben und Gesundheit der Menschen.

Im Rahmen des Brandschutzes wird zwischen vorbeugendem Brandschutz und abwehrendem Brandschutz unterschieden. Abwehrender Brandschutz wird durch Löschmaßnahmen der Feuerwehr realisiert. Der vorbeugende Brandschutz umfasst die bauliche, die anlagentechnische und die betrieblich-organisatorische Sicherheit eines Gebäudes.

Bei der Erstellung eines Gebäudes wird der vorbeugende Brandschutz geplant und Brandschutzeinrichtungen eingebaut. Diese Anlagen und auch betrieblich-organisatorische Maßnahmen zur Brandverhütung und Evakuierung von Personen müssen regelmäßig überprüft werden.

Aufgrund von Kosteneinsparungen und Risikoauslagerungen beauftragen viele Gebäudebetreiber im Rahmen ihrer Betreiberverantwortung mittlerweile Fremdfirmen zur Durchführung der umfangreichen Wartungs- und Prüfarbeiten der Brandschutzanlagen. Diese Fremdfirmen verfügen zwar meist über explizites Fachwissen der rechtlichen Auflagen (Gesetze und Normen) zur Durchführung der Wartungsarbeiten, doch sind sie meist durch ortsunkundige Wartungskräfte vertreten. Ihnen fehlt teils die nötige Orientierung in komplexen Gebäuden, so dass eine aufwendige Suche nach den Brandschutzobjekten entsteht.

Auch seitens des eigentlichen Wartungsablaufs bestehen momentan Defizite. Meist erfolgt die Dokumentation durch die Mitarbeiter auf handgeführten Papierlisten bzw. Formblättern, die später in ein EDV-System übertragen werden. Dies birgt eine hohe Gefahr für Übertragungsfehler. Ebenfalls besteht momentan die Gefahr der Verwechslung von Wartungsobjekten durch eine nicht vorhandene eindeutige Identifikation. Damit verbunden stehen den Wartungskräften bei ihrer Arbeit oftmals nicht genügend Informationen über die Wartungshistorie der Objekte bereit.

Dies zeigt, dass im Bereich der Wartungs- und Prüfaufgaben am Beispiel von Brandschutzobjekten ein dringender Forschungsbedarf herrscht.

1.2. Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojektes „RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz“ ist es, Methoden zur Unterstützung der Wegfindung in komplexen Gebäuden für das meist externe Wartungspersonal sowie zur Qualitätssicherung der Wartungsarbeiten zu entwickeln. Dabei soll es für Wartungspersonal möglich werden, sich auf einem mobilen Endgerät verbunden mit navigationstauglichen, digitalen Gebäudeplänen (generiert aus CAD-Gebäude-Informationen) Wartungsrouten erstellen zu lassen, die den kürzesten Weg zwischen den einzelnen zu wartenden Objekten bilden. Sogenannte Rundreisen sollen den zeitlichen Aufwand reduzieren und eine Qualitätssicherung dahingehend bilden, dass der Wartungsmitarbeiter kein Wartungsobjekt vergessen kann oder Objekte irrtümlich verwechselt.

Das in der ersten Projektphase entwickelte „Kontextsensitive RFID-Leitsystem zur Ortung von Einsatzkräften in komplexen Gebäuden“ soll hierbei um Methoden der Wegberechnung in Gebäuden und für Wartungszwecke von Gebäudesicherheitssystemen des vorbeugenden Brandschutzes erweitert werden. Dies soll eine vollständige, digitale Dokumentation der Wartung und eine Verifizierung der tatsächlichen Anwesenheit der Wartungskräfte vor Ort mittels RFID-Tags sicherstellen. Darüber hinaus können ortsunkundige Wartungskräfte, z.B. von Fremdfirmen, auch auf direktem Weg zum Wartungsort mittels Indoor-Navigation geführt werden. Wartungskräfte sollen weitere Informationen über Bauteile mittels RFID (z.B. Kabel- oder Rohrdurchführungen) auslesen können. Hier können Informationen aus dem Projekt RFID-Intellibau der ARGE RFID im Bauwesen genutzt werden.

Durch die digitale kontextsensitive Dokumentation der wartungsrelevanten Brandschutzelement- und Gebäudedaten auf mobilen Endgeräten erhält das Wartungspersonal eine optimale Unterstützung vor Ort. Wartungsinformationen sollen sowohl zentral in einer mit dem Facility-Managementsystem verknüpften Datenbank, als auch lokal auf den RFID-Tags der Brandschutzelemente gespeichert werden und können somit auch für Einsatzkräfte in Alarmsituationen (abwehrender Brandschutz) wichtige zusätzliche Informationen bieten.

Praxispartner in diesem Forschungsprojekt sind die Flughafenfeuerwehr der Fraport AG, das Brandschutzplanungsbüro Bureau Veritas Brandschutzservices GmbH (vormals Ziller ASS Sachverständigen GmbH Brandschutz), Identec Solutions AG und innoTec GmbH.

Aufgrund des Fachwissens, das die Praxispartner in dieses Projekt einbringen und die Weiterentwicklung vorhandener Indoor-Navigations- und Ortungstechniken in Kombination und Ergänzung mit moderner RFID-Technik, lässt sich der Forschungsansatz optimal verfolgen.

1.3. Arbeitsprogramme

Die Bearbeitung des Projektes „RFID-Wartungs-Leitsystems Brandschutz“ erfolgt in den folgenden fünf Arbeitspaketen:

Arbeitspaket 1: Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen für das RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden die Anforderungen aus Gesetzen, Vorschriften, Verfahrensanweisungen und Anforderungen von Sachversicherern erörtert und für den Anwendungsfall der Wartung von Brandschutzobjekten analysiert. Arbeitsabläufe bei der Wartung sollen in der Praxis aufgenommen, Wartungszyklen ermittelt und genaue Bedürfnisse herausgearbeitet werden.

Arbeitspaket 2: Systemanalyse der technischen Möglichkeiten zum Export von CAD- und Facility-Management-Informationen für Mobile Endgeräte und Ortung von Brandschutzobjekten

Zur Wartung der Brandschutzelemente soll ein System mit mobilen Endgeräten eingesetzt werden, das die Wartungsprozesse abbildet und die erfassten Informationen mit vorhandenen CAD- und FM-Systemen austauschen kann. Hierzu soll ein Konzept für eine webbasierte Schnittstelle erarbeitet werden. Zur Ortung der Wartungsobjekte sollen Konzepte für eine Ortung von Wartungselementen mit aktiven RFID-Tags erarbeitet werden. Es wird ein Konzept zur Integration dieser Informationen und Schnittstellen unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Vorläuferprojektes in das zu entwickelnde RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz erarbeitet.

Arbeitspaket 3: Erarbeitung des Systementwurfs

Der Systementwurf für das RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz wird aufbauend auf dem Anforderungskatalog und dem technischen Grobkonzept erarbeitet und berücksichtigt die besonderen Randbedingungen der Tätigkeiten vor Ort. Spezielle Kenntnisse über die Brandschutzinfrastruktur und Brandschutzpläne werden durch Praxispartner eingebracht. Weiterhin wird ein Konzept für eine bidirektionale Schnittstelle zur Verfügungstellung von CAD-Daten und FM-Prozessen entwickelt, das es erlaubt Daten aus den bestehenden Systemen zu beziehen und Wartungsdaten wieder in die ursprünglichen FM-Systeme zu überspielen.

Arbeitspaket 4: Prototypische Implementierung

Die exemplarische Umsetzung soll für ausgewählte, geeignete mobile Endgeräte erfolgen. Die Komponenten für das RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz werden entsprechend dem Systementwurf entwickelt bzw. weiterentwickelt und in das bereits in der ersten Phase erstellte RFID-Gebäude-Leitsystem für Einsatzkräfte integriert. Aus den anderen RFID-Projekten der ARGE RFID fließen die Ergebnisse und Erkenntnisse über die Speicherung von gebäudebezogenen Daten mit RFID-Tags ein, um zusätzliche Informationen vor Ort zur Verfügung zu stellen. Die Praxispartner werden in diesem Arbeitspaket die zuvor erstellten Konzepte umsetzen.

Arbeitspaket 5: Evaluation des RFID-Wartungs-Leitsystems Brandschutz

Der Prototyp des RFID-Wartungs-Leitsystems Brandschutz wird mit den Praxispartnern bei Einsatzszenarien vor Ort getestet. Insbesondere soll ein direkter Vergleich mit der bisherigen Vorgehensweise durchgeführt werden, d.h. der Vergleich der papierbasierten Wartung mit dem neuen digitalen RFID-basierten Wartungs-Leitsystem. Anschließend wird ein Abschlussbericht erstellt.

2. Stand der Wissenschaft und Technik im Bereich der Wartung von Brandschutzeinrichtungen

2.1. Relevante Forschungsprojekte

2.1.1. SAP und Fraport

Seit 2003 besteht eine Kooperation seitens der Wartung zwischen SAP und Fraport. Durch den dort bereits vorhandenen Einsatz der SAP-Lösung Plant Maintenance im Immobilien und Facility Management entschloss sich Fraport zur Nutzung von mobilen Endgeräten zur Durchführung der Wartungsprozesse. Hierbei wurde die bereits vorhandene SAP-Software um das SAP Mobile Asset Management erweitert und geprüft, ob eine sinnvolle Nutzung möglich ist [SAP, 2004]. Innerhalb dieser Softwareanwendung ist jedoch keine Integration von Funktionen der Indoor-Navigation für Wartungsprozesse vorgesehen.

2.1.2. Studie am Frankfurter Flughafen

Der Einsatz von RFID-Tags zur Identifizierung von Brandschutzelementen wurde ansatzweise in einer Studie am Frankfurter Flughafen erforscht. Hier ging es darum, mittels 125 kHz-RFID-Tags die Wartung der Brandschutzklappen zu vereinfachen und den Arbeitsablauf in das Facility-Managementprogramm des Flughafens zu integrieren [Hanhart et al., 2005]. In dieser Studie waren nur Brandschutzklappen betrachtet worden. Insbesondere waren auch aufgrund der geringen Speicherfähigkeit von passiven 125 kHz-RFID-Tags die erforderlichen Wartungsdaten nicht speicherbar. Dieses Projekt war seitens der Wartungsobjekte stark eingeschränkt und bot weiterhin keine Funktion der Indoor-Navigation für das Wartungspersonal.

2.1.3. WearIT@work

Im Bereich des Mobile Computing gibt es zahlreiche Projekte, u. a. das europäische Forschungsprojekt WearIT@work [wearIT@work, 2008]. Hier werden Lösungen zur Integration tragbarer Computer in Kleidung auch bei Einsatzkräften am Beispiel der Pariser Feuerwehr erforscht. Der Anwendungsfall der Wartung und der Indoor-Navigation wurde hierbei nicht betrachtet.

2.1.4. Forschungen im Rahmen der ARGE RFID im Bauwesen

Im Rahmen der ARGE RFID im Bauwesen erforschen unsere Partner Bergische Universität Wuppertal, TU Dresden und das Fraunhofer Institut Einsatzmöglichkeiten für RFID-Technik im UHF-Bereich im Bauwesen [RFIDimBau, 2008]. Das beantragte Forschungsvorhaben fügt sich sehr gut in die Projekte

aus Wuppertal und Dresden ein und komplettiert die Nutzung der in diesen Forschungsprojekten entwickelten RFID-Lösungen.

Das Institut für Baubetriebswesen der TU Dresden verfolgt das Ziel, durch eine Vielzahl intelligenter Bauteile (zum Beispiel Stahlbetonwände, Fertigteile oder Mauerwerkswände), eine dezentrale Informationshaltung zu erreichen. Dazu ist ein Lösungsansatz zum Einsatz der RFID-Technologie im Bauwesen mit dem Ziel einer ganzheitlichen Nutzungsweise erforderlich, in welchem der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerkes berücksichtigt wird [Jehle, 2008]. Diese Informationen über die einzelnen Bauteile sind auch für Wartungszwecke und zur Beurteilung der Brandlasten während der Wartungsbegehungen im beantragten Forschungsvorhaben wichtig.

Die TU Wuppertal untersucht die Verbesserung der Logistikprozesse während der Bauphase durch den Einsatz von RFID-Technik. Im Rahmen dieses Projektes soll auch ein Electronic Product Code (EPC)-Bauserver erstellt werden, über den Produktdaten einzelner Bauteile abgefragt werden können [Helmus, 2008]. Gerade um weitere Informationen über Brandschutzelemente vor Ort ermitteln zu können, ist ein Auslesen des EPC sehr hilfreich. Weitere Informationen über die Spezifikation des Brandschutzelementes könnten über die EPC-Datenbank abgefragt werden.

2.1.5. Kontextsensitives RFID-Gebäude-Leitsystem (TU Darmstadt)

Im ersten Teilprojekt der TU Darmstadt wurde ein auf BIM basiertes neues Ortungs- und Leitsystems für Einsatzkräfte in komplexen Gebäuden entwickelt, mit dem sich u.a. einsatzrelevante Informationen über Brandschutzanlagen und Gebäudetechnik im räumlichen Kontext zur in Echtzeit ermittelten Position der Einsatzkräfte darstellen lassen. Die Umsetzbarkeit wurde anhand eines Praxistests am Frankfurter Flughafen gezeigt.

2.2. Brandschutz

Aufgrund von Brandkatastrophen verlieren immer wieder viele Menschen unerwartet ihre Lebensgrundlagen. Binnen Minuten werden so das Eigenheim, die gemietete Wohnung oder ganze Unternehmen vernichtet. Neben Sachschäden sind jedoch Personenschäden nicht zu verachten [Zwinger, 2010].

Um Brandkatastrophen und die damit verbundenen Folgen frühzeitig einzudämmen bzw. gar zu verhindern, sind entsprechende Maßnahmen zu treffen und stetig einzuhalten. Der Begriff Brandschutz umfasst diesbezüglich alle Maßnahmen, die der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorbeugen und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten ermöglichen [Werner, 2004].

Diesbezüglich regelt der §70 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland die Aufgabe des zivilen Bevölkerungsschutzes und überträgt diese an die Ländern und Kommunen. Hierzu gehört auch der Brandschutz mit seinen gesetzlichen Vorgaben.

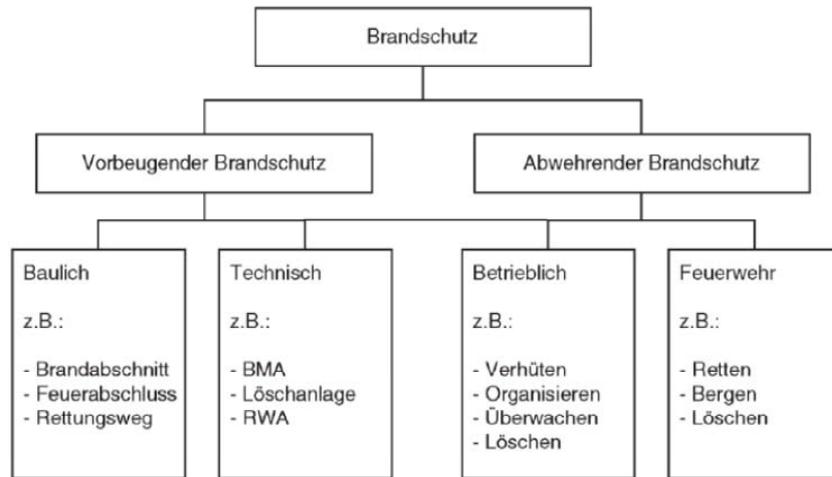


Abbildung 2.1: Komponenten des Brandschutzes [DIN 14675, 2003]

Der Begriff Brandschutz untergliedert sich in die beiden Bereiche vorbeugender und abwehrender Brandschutz (siehe Abbildung 2.1), wobei der vorbeugende Brandschutz ein Oberbegriff für alle vorbeugenden Maßnahmen der Einschränkung bzw. Verhinderung der Entstehung, Ausbreitung und Auswirkung von Bränden ist und der abwehrende Brandschutz alle Maßnahmen der Brandbekämpfung und der Menschenrettung beinhaltet.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Teilbereiche näher erläutert.

2.2.1. Vorbeugender Brandschutz

Der vorbeugende Brandschutz gliedert sich allgemein in die drei Bereiche baulicher Brandschutz, organisatorischer Brandschutz und anlagentechnischer Brandschutz [Brandschutzleitfaden, 2006] und betrifft damit zahlreiche Bereiche von der Planung bis zum Betrieb eines Gebäudes.

[Stübbe, 2010] beschreibt die drei Bereiche wie folgt:

- Baulicher Brandschutz

Der bauliche Brandschutz beinhaltet Maßnahmen zur Verhinderung der Brandentstehung und Brandausbreitung. Hierbei spielen die Wahl der verwendeten Baustoffe, die Anordnung von Bauteilen und Gebäudegeometrien, die Anordnung von Flucht- und Rettungswegen und die Feuerwiderstandsdauer eine wichtige Rolle.

- **Anlagentechnischer Brandschutz**

Der anlagentechnische Brandschutz umfasst den Bau und Betrieb von Anlagen zur Bevorratung und Versorgung mit Löschwasser, von Brandmeldeanlagen, Anlagen zur Abführung von Rauch und Wärme sowie zur Verhinderung von Brand- und Rauchausbreitung.

Darüber hinaus gehören auch Leit- und Führungssysteme zum anlagentechnischen Brandschutz (z.B. Gebädefunkanlagen).

- **Betrieblich-organisatorischer Brandschutz**

Der betrieblich-organisatorische Brandschutz umfasst alle Maßnahmen der betrieblichen Vorsorge für den sicheren Betrieb eines Gebäudes, wie z.B. die Erstellung und Aktualisierung von Alarmplänen, Notfallplänen, Feuerwehrlänen und Brandschutzordnungen, die Bestellung von Brandschutzbeauftragten sowie die Unterweisung von Betriebsangehörigen (z.B. Verhalten im Brandfall).

2.2.1.1. Baulicher Brandschutz

Ziel des baulichen Brandschutzes ist es, ein Gebäude bereits vor der Errichtung so zu planen, dass die Folgen eines Brandes möglichst gering bleiben.

Große Gebäude werden in Brandabschnitte unterteilt, die durch Brandwände und Brandschutztüren von einander abgetrennt sind. Öffnungen und Rohre, die durch mehrere Brandabschnitte verlaufen, müssen z.B. mit Brandschotten ausgeführt sein, die im Brandfall automatisch schließen. Damit soll verhindert werden, dass ein Brand in einem Teil des Gebäudes auf andere Bereiche übergreifen kann. Dafür müssen die Bauteile eine bestimmte Feuerresistenz aufweisen. Diese regeln die DIN 4102 und DIN EN 13501. Außerdem besitzt die neue Normengeneration der Eurocodes jeweils ein eigenes Brandschutzkapitel.

2.2.1.2. Organisatorischer Brandschutz

Inhalt des organisatorischen Brandschutzes ist die Erstellung einer Brandschutzordnung gemäß DIN 14096 für alle Sonderbauten und die Benennung eines Brandschutzbeauftragten, dessen Aufgabe es unter anderem ist, auf die Einhaltung der Brandschutzordnung zu achten und für die Durchführung von Brandschutzübungen zu sorgen.

Darüber hinaus hat der Brandschutzbeauftragte die Pflicht Begehungen durchzuführen, auf denen festgestellt wird, ob das Brandschutzkonzept eingehalten ist. Dazu gehört es zum Beispiel zu überprüfen, dass keine Brandschutztüren aufgekeilt wurden, keine Brandlasten in Rettungswegen vorhanden sind und Notausgänge nicht verstellt oder verschlossen sind.

Bezüglich Brandschutzbegehungen besagt [BSI, 2005]: „Brandschutzbegehungen sollten ein- bis zweimal im Jahr angekündigt oder unangekündigt erfolgen.“

2.2.1.3. Anlagentechnischer Brandschutz

Der anlagentechnische Brandschutz umfasst sämtliche technischen Einrichtungen, die zur Erkennung, dem Melden und zum Löschen von Bränden benötigt werden sowie zur Unterstützung von Maßnahmen zur Evakuierung bzw. Rettung von Personen genutzt werden können [Zwinger, 2010]. Zu den typischen, dem Brandschutz dienenden gebäudetechnischen Anlagen zählen u.a.:

- Anlagen zur Bevorratung und Versorgung mit Löschwasser
- Brandmeldeanlagen
- Automatische Feuerlöschanlagen
- Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)
- Optische und akustische Alarmierungsanlagen, als Teil der Brandmeldeanlage
- Rauchansaugsysteme
- Feststellanlagen von Rauchschutztüren in Flucht- und Rettungswegen
- Flucht- und Rettungswegbeleuchtung (Notbeleuchtung)
- Manuelle Feuerlöscher
- Wandhydranten
- Überdrucklüftungsanlagen zur weitgehenden Vermeidung des Eindringens von Rauch in Flucht- und Rettungswege (z.B. in die Fluchttreppenhäuser von Hochhäusern)
- Schottungen und Brandschutzklappen

Durch Umnutzung und Umbau oder durch die Erweiterung von Bestandsgebäuden (Aufhebung des Bestandsschutzes), gewinnen die Anlagen des gebäudetechnischen Brandschutzes zunehmend an Bedeutung. Für die Instandhaltung dieser Einrichtungen des anlagentechnischen Brandschutzes gibt es eine Vielzahl von Regeln und Vorschriften.

Damit Brandschutzanlagen jederzeit einen betriebsbereiten Zustand aufweisen, müssen sie einer sorgfältigen Instandhaltung unterliegen.

2.3. Instandhaltung

Für den Begriff Instandhaltung existiert in der Literatur keine einheitliche Definition. Teils ist diese gar widersprüchlich [Klingenberger, 2007]. Gemäß DIN 31051 wird der Begriff Instandhaltung in den Normen zum anlagentechnischen Brandschutz wie folgt definiert:

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“ [DIN 31051, 2003]

Der Begriff Instandhaltung ist als Oberbegriff für die Bereiche Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung zu sehen (siehe Abbildung 2.2).

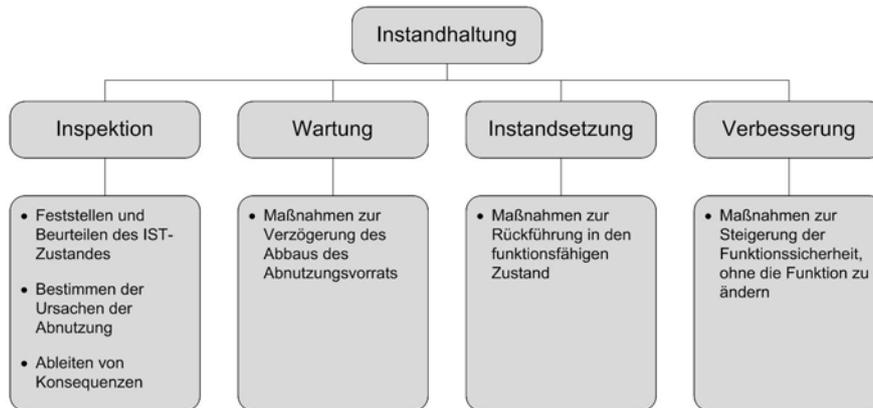


Abbildung 2.2: Instandhaltung nach DIN 31051 bzw. DIN EN 133306

Folgende Definition der einzelnen Begriffe gibt [Gerber, 2009]:

Instandhaltung

Die Instandhaltung beinhaltet alle Maßnahmen der Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes sowie dem Bewahren und Wiederherstellen des Soll-Zustandes.

Inspektion

Der Begriff Inspektion umfasst alle Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes eines Brandschutzobjektes, die Trendbeobachtung, den Soll-Ist-Vergleich von Schadensindikatoren und die Schadensdiagnose zur gezielten Problembeseitigung.

Wartung

Der Begriff Wartung beinhaltet alle Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Soll-Zustandes, alle vorbeugenden Maßnahmen zur Beseitigung zeitabhängiger Schäden und die Verhütung von Folgeschäden. Der typische Leistungsumfang einer Wartung beinhaltet [Klingenberger, 2007]:

- Nachstellen
- Auswechseln (vorbeugend, von Verschleißteilen, Ölen und Schmierstoffen)
- Ergänzen
- Konservieren
- Reinigen

Instandsetzung

Die Instandsetzung umfasst alle Maßnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes beispielsweise durch Reparatur oder Austausch von Bauteilen oder -gruppen.

Verbesserung

Neben der Instandsetzung bietet DIN 31051 auch die Möglichkeit einer **Verbesserung**, bei der das Instandhaltungsobjekt komplett oder Teile davon gegen Bauteile, deren identifizierte Schwachstellen beseitigt worden sind, ausgetauscht werden. Es wird hierdurch eine höhere Funktionalität erreicht [Klingenberger, 2007].

Abbildung 2.3 stellt den nach DIN 31051 vorgeschlagenen Ablauf einer Fehlerdiagnose anhand eines Flussdiagramms dar.

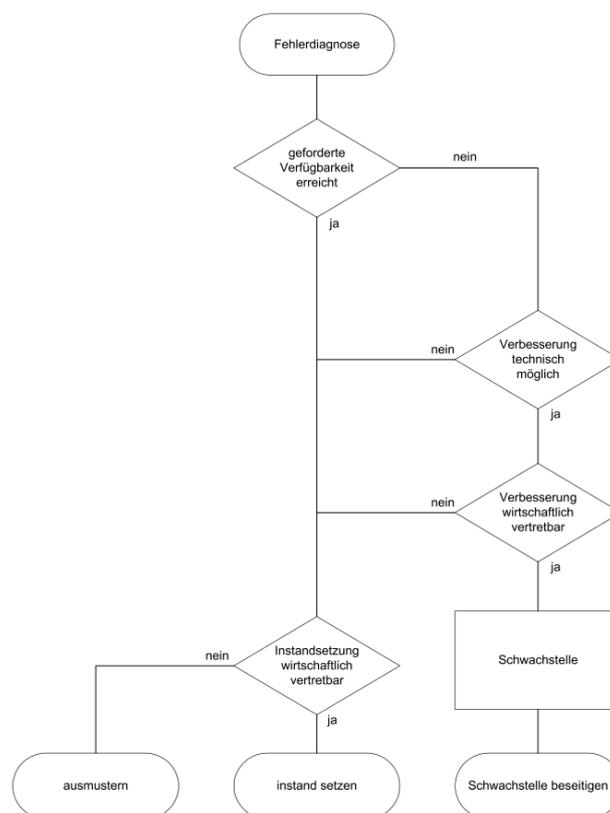


Abbildung 2.3: Fehleranalyse [DIN 31051, 2003]

2.4. Rechtliche Rahmenbedingungen der Wartung

Für den Brandschutz und der damit verbundenen Wartung existieren verschiedene Regelwerke. Die Wichtigsten sind:

DIN-Normen

DIN-Normen sind Regelwerke, die vom Deutschen Institut für Normung erstellt werden. Sie haben Empfehlungscharakter und sind damit nicht bindend, da sie jedoch als allgemein anerkannte Regeln der Technik gelten, müssen Abweichungen von ihnen begründet werden.

VDE-Normen

Der VDE ist der Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik.

Wie die DIN-Normen sind die Normen des VDE zwar nur Empfehlungen, doch gelten auch sie als anerkannte Regeln der Technik. Kommt es durch eine Missachtung dieser Normen zu einem Unfall, liegt ein Straftatbestand vor.

VdS-Richtlinien

Der Verband der Sachversicherer ist ein Verband der deutschen Versicherungswirtschaft.

Zu seinen Aufgabenfeldern im Bereich des Brandschutzes zählen laut seiner Homepage¹:

- Erst-, Wiederholungs- und Sonderprüfungen von Brandschutzanlagen durch staatlich anerkannte Sachverständige
- Prüfung von Produkten (Bauteile, Geräte, Systeme) in eigenen Laboratorien
- Risikoanalysen und Gutachten
- Anerkennung und Zertifizierung von Produkten
- CE-Kennzeichnung von Produkten für Brandschutzanlagen gem. EG-Bauproduktenrichtlinie
- Anerkennung von innovativen Brandschutzkonzepten mit Löschanlagen
- Anerkennung von Errichter- und Fachfirmen
- Schulungen, Seminare und Fachtagungen
- Richtlinien und Fachliteratur

Auch die VdS-Richtlinien haben keinen rechtlich bindenden Charakter, jedoch kann die Versicherung eines Gebäudes deren Einhaltung zur Bedingung für einen Versicherungsschutz machen.

¹ Quelle: <http://vds.de/de/ueber-vds/kompetenzen-leistungen/>; 14.10.2010

GEFMA-Richtlinien

Die GEFMA (German Facility Management Association) gibt ihrerseits Richtlinien für das Facility Management heraus. Dabei sind für den Brandschutz die Richtlinien 190 (Betreiberverantwortung) und 192 (Risikomanagement) von Bedeutung.

2.4.1. DIN 14675

Laut [DIN 14675, 2003] muss die Instandhaltung einer BMA „nach den Anforderungen in DIN VDE 0833-1 (VDE 0833 Teil 1), DIN VDE 0833-2 (VDE 0833 Teil 2), durch eine Fachfirma erfolgen“. Fachfirmen sind in diesem Fall Firmen, die zertifiziert wurden durch eine nach DIN 45011 akkreditierte Stelle.

Des Weiteren werden in Anhang L der DIN 14675 Anforderungen an eine Fachfirma definiert.

Einen Prüfplan für Brandmeldeanlagen gibt Anhang O der DIN 14675/A1 vor:

Ein Prüfplan für BMA sollte folgende Hinweise und Mindestanforderungen beinhalten:

- (1) Hinweise für den Beginn und Umfang der Instandhaltungsarbeiten, z.B.:
 - Anmeldung beim Kunden, mit gegebenenfalls Hinweis auf die vorübergehende Außerbetriebnahme von Anlagenteilen wie z.B. Feuerlöschanlagen oder der Ansteuereinrichtung für die ÜE;
 - Abschaltung von externen Steuerungen, z.B. Signalgeber-Brandalarm;
 - gegebenenfalls Anmeldung der Instandhaltungsarbeiten an der Anlage bei der Feuerwehr oder anderen hilfeleistenden Stellen.
- (2) Hinweise für den Abschluss der Instandhaltungsarbeiten, z.B.:
 - Gegebenenfalls Abmeldung der Instandhaltungsarbeiten bei der Feuerwehr oder anderen hilfeleistenden Stellen;
 - Wiederinbetriebnahme aller abgeschalteten und außer Betrieb genommenen Anlagenteile;
 - Eintrag in das Betriebsbuch;
 - Abmeldung beim Kunden, Betreiber oder der eingewiesenen Person und ggf. Unterschrift einholen.

Für Inspektionen wird folgendes vorgegeben:

Folgende Prüfungen sollten mindestens durchgeführt werden.

(1) Energieversorgung

- Funktion Netzausfall prüfen;
- Belastungsprüfung der Batterien nach Herstellerangaben;
- Überprüfen der Batterieladespannung an den Batterieklemmen;
- Funktion Batterieausfall prüfen.

(2) Alarmzähler

- Alarmzählerstand mit Eintragungen im Betriebsbuch vergleichen und gegebenenfalls Ursachen für Falschalarme ermitteln;
- Gegebenenfalls Hintergrundspeicher auf Abweichungen oder besondere Ereignisse begutachten.

(3) Übertragungswege/Melder

Je Übertragungsweg (Primärleitung) ist die Prüfung eines Melders je Quartal ausreichend, wenn im Jahr alle zerstörungsfrei prüfbaren Melder und die Übertragungswege mit nicht zerstörungsfrei prüfbaren Meldern geprüft werden, darunter:

- Übertragungswege auf bestimmungsgemäße Funktion;
- Überprüfung der Handfeuermelder;
- Überprüfung der automatischen Brandmelder.

(4) Funktionsprüfung

- Alle optischen und akustischen Alarmierungseinrichtungen;
- Zusätzliche Peripheriegeräte, z.B. Feuerwehr-Schlüsseldepot, FAT, FBF;
- Ansteuereinrichtungen von ÜE für Fernalarm;
- Ansteuereinrichtungen von ÜE für die Störungsweiterleitung;
- Steuereinrichtungen (z.B. Löschanlage, Feststellanlage).

(5) Sichtprüfung/Begehung

- Überprüfung auf Änderung der Raumnutzung oder Raumgestaltung.
- Überprüfen, ob die Räume, die nicht in die Überwachung einbezogen sein müssen, hinsichtlich ihrer Brandlast unbedenklich sind.
- Überprüfen des freien Raumes (0,5 m) um die Melder;
- Überprüfen aller Melder auf ordnungsgemäße Befestigung und auf mechanische Beschädigung.

Für Wartungen wird folgendes vorgegeben:

Die Wartung sollte nach Herstellerangaben, jedoch mindestens einmal jährlich durchgeführt werden, darunter z.B.:

- Pflege und Reinigung von Anlagenteilen;
- Auswechseln von Komponenten mit begrenzter Lebensdauer (z.B. Brandmelder, Akkumulatoren, Geräte und Speicherbatterien) nach Ablauf der Nutzungsdauer;
- Justieren, Neueinstellen, Abgleichen von Bauteilen und Geräten;
- FSD alle Funktionen überprüfen einschließlich der Entnahme der Objektschlüssel;
- Überprüfung der Feuerwehr-Laufkarten auf Aktualität;
- Alle zur Dokumentation gehörenden Unterlagen auf Vollständigkeit und Aktualität überprüfen.

2.4.2. DIN VDE 0833-1

Nach [DIN VDE 0833-1, 2009] gilt: Brandmeldeanlagen sind „viermal jährlich, in etwa gleichen Zeitabständen (...) durch eine Elektrofachkraft² oder eine sachkundige Person³ auf die Erfüllung der durch das Sicherheitskonzept vorgegebenen Überwachungsaufgabe und auf störende Beeinflussungen zu überprüfen, die nicht von der GMA selbsttätig erkannt und ausgewertet werden können (z.B. Veränderung der Raumnutzung, der Raumgestaltung oder der Umgebungsbedingungen).“⁴

„Inspektionen sind grundsätzlich viermal jährlich in etwa gleichen Zeitabständen durchzuführen. Auf bestimmungsgemäße Funktion sind dabei insbesondere zu überprüfen:

- Funktion der überwachten äußeren Verbindungen (Primärleitungen) mit zerstörungsfrei prüfbaren Meldern
- Übertragungseinrichtungen
- Automatischen Wähl- und Übertragungsgeräten;
- Anzeige der Herkunft von Meldungen in Übereinstimmung mit dem Sicherheitskonzept;
- Signalgeber;
- Anzeige- und / oder Betätigungseinrichtungen in oder außerhalb von Zentralen;
- Schalteinrichtungen;

² Definition siehe DIN VDE 0833-01; 2.13

³ Definition siehe DIN VDE 0833-1; 2.15

⁴ DIN VDE 0833-1; 5.3

- Ansteuereinrichtungen In Verbindung mit Übertragungseinrichtungen, Automatische Wähl- und Übertragungsgeräte, Steuereinrichtungen, Alarmierungseinrichtungen;
- Energieversorgungen;
- Störungsweiterleitung an die abgesetzte beauftragte Stelle bei nicht ständig besetzter Stelle vor Ort;
- Alle Anlageteile auf ordnungsgemäße Befestigung;
- Alle Anlageteile auf äußere Beschädigung und Verschmutzung;
- Die Anlagedokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit (z.B. Meldergruppenverzeichnis).“

(siehe [DIN VDE 0833-1, 2009]; 5.3.1)

Unter gewissen, in DIN VDE 0833-1 5.3.3 definierten Bedingungen können die Zeitabstände für diese Inspektionen auf 1 Jahr verlängert werden.

„Einmal jährlich sind Inspektionen durchzuführen

- für alle zerstörungsfrei prüfbaren Melder, einschließlich der damit verbundenen Anzeige über die Herkunft der Meldung;
- für die Funktion der überwachten äußeren Verbindungen, die nur Melder enthalten, die nicht Zerstörungsfrei prüfbar sind.“ (DIN VDE 0833-1; 5.3.2)

An die Wartung von Brandmeldeanlagen stellt die VDE 0833-1 folgende Forderungen (DIN VDE 0833-1; 5.3.4):

„Wartungen sind nach Herstellerangaben - unter Berücksichtigung der besonderen Betriebsumgebungsbedingungen - jedoch mindestens einmal jährlich durchzuführen.

Hierzu gehören:

- die Pflege von Anlageteilen;
- gegebenenfalls das Auswechseln von Anlageteilen (z.B. Rauchmelder) und Bauelementen (z.B. Akkumulatoren, Geräte- und Speicherbatterien) nach Ablauf der Nutzungsdauer;
- gegebenenfalls das Justieren, Neueinstellen und Abgleichen von Bauteilen und Geräten.“

2.4.3. DIN VDE 0833-2

[DIN VDE 0833-2, 2009] enthält, was die Instandhaltung betrifft, eher organisatorische Vorgaben. So muss ein Betriebsbuch geführt werden, in dem die Ergebnisse der regelmäßigen Instandhaltungsarbeiten und Begehungen, sowie Erweiterungen, Ein- und Ausschaltungen und

Störungs- und Brandmeldungen - jeweils mit Datum und Uhrzeit - festgehalten werden. Außerdem muss nach dem vorübergehenden Abschalten einer Anlage nach dem Wiederanschalten eine Funktionsprüfung erfolgen. Der Betreiber muss die Freihaltung von Rauchmeldern kontrollieren, so dass sich im Umkreis von 0,5 m eines Rauchmelders weder Einrichtungen noch Lagergut befinden und er muss regelmäßig prüfen, ob Räume, die von der Überwachung ausgeschlossen sind, tatsächlich immer noch keine bedenkliche Brandlast enthalten. Er muss dafür sorgen, dass während einer Abschaltung der Anlage die betroffenen Räume anderweitig überwacht werden und für eine Vermeidung von Falschalarmen sorgen.⁵

2.4.4. TPrüfVO

Die „Verordnung über die Prüfung technischer Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden“ (Technische Prüfverordnung - TPrüfVO) mit Stand vom 18. Dezember 2006 ist als sogenannte Länderverordnung in Hessen zu beachten. Sie legt dem Betreiber von

- Lüftungsanlagen, ausgenommen solche, deren Leitungen nicht durch Decken oder Wände geführt sind, für die aus Gründen des Raumabschlusses eine Feuerwiderstandsfähigkeit vorgeschrieben ist
- CO-Warnanlagen
- Rauch- und Wärmeabzugsanlagen sowie maschinelle Anlagen zur Rauchfreihaltung von Rettungswegen
- selbsttätige Feuerlöschanlagen, wie Sprinkleranlagen, Sprühwasser-Löschanlagen und Wassernebel-Löschanlagen, und nicht selbsttätige Feuerlöschanlagen mit nassen Steigleitungen und Druckerhöhungsanlagen einschließlich des Anschlusses an die Wasserversorgungsanlage
- Brandmelde- und Alarmierungsanlagen
- Sicherheitsstromversorgungen

eine Prüfung der Anlage auf ihre Wirksamkeit und Betriebssicherheit durch einen bauaufsichtlich anerkannten Prüfsachverständigen vor der ersten Inbetriebnahme und wiederkehrend alle drei Jahre auf [TPrüfVO, 2006]. Der Abstand der wiederkehrenden Prüfung kann im Bedarfsfall durch die untere Bauaufsichtsbehörde entsprechend verkürzt oder durch zusätzliche Prüfungen ergänzt werden.

⁵ DIN VDE 0833-2; 9.1 bis 9.6

2.5. Instandhaltung von Brandmeldeanlagen

2.5.1. Inspektion von Brandmeldeanlagen

[DIN VDE 0833-1, 2009] verpflichtet die Betreiber von Gefahrenmeldeanlagen zu regelmäßigen Inspektionen und differenziert hierbei zwischen Inspektionen auf bestimmungsmäßige Funktion und Inspektionen der gesamten Anlage.

Die Inspektionsarbeiten müssen von einer Fachfirma oder einem Servicemitarbeiter, der eine Mindestqualifikation eines Gesellen oder Facharbeiters mit Abschluss einer Ausbildung mit elektrotechnischem Bezug (vgl. Tabelle 2.1) und einer dreijährigen Berufserfahrung im Umgang mit Brandmeldeanlagen besitzt, durchgeführt werden.

Anforderung	Phase					
	Planung	Projektierung	Montage und Installation	Inbetriebsetzung	Abnahme	Instandhaltung
Mindestqualifikation						
Dipl.-Ing., Meister oder staatlich geprüfter Techniker ^a	X	X	–	X	X	–
Geselle/Facharbeiter ^{a, b}	–	–	X	–	–	X
Prüfungsinhalte der schriftlichen Prüfung durch eine dafür akkreditierte Stelle						
Spezielle Kenntnisse der Elektrotechnik, bezogen auf BMA (z. B. Überspannungsschutzmaßnahmen, Energieversorgung)	X	X	X	X	X	X
Relevante Kenntnisse der DIN 14675 und DIN VDE 0833-1 (VDE 0833 Teil 1) und DIN VDE 0833-2 (VDE 0833 Teil 2) (einschließlich mitgeltender Normen)	X	X	X	X	X	X
Kenntnisse über Brandmeldesysteme nach E DIN EN 54-13, zur Zeit in Verbindung mit DIN EN 54-2	X	X	X	X	X	X
Beispielplanung/-projektierung	X	X	–	–	–	–
Ansteuerung anderer Systeme nach 6.1.3 (z. B. Feuerlöschanlagen über Schnittstellen)	X	X	–	X	X	X
^a Abschluss in einer Fachrichtung mit elektrotechnischem Bezug erforderlich.						
^b 3-jährige Berufserfahrung für die Tätigkeiten in der entsprechenden Phase erforderlich.						

Tabelle 2.1: Mindestqualifikation einer verantwortlichen Person [DIN 14675, 2003]

[Kreger, 2011] beschreibt die Unterscheidungen der Inspektionen wie folgt:

1. Inspektionen auf bestimmungsgemäße Funktion haben in einem Jahr viermal in etwa gleichen Abständen zu erfolgen. Hierbei werden die Grundfunktionen einer Anlage inspiziert und auf Erfüllung der durch das Sicherheitskonzept vorgegebenen Überwachungsaufgaben bzw. auf störende Beeinflussung geprüft. Nach DIN VDE 0833-1 sind insbesondere zu überprüfen [DIN VDE 0833-1, 2009]:

- Funktion der überwachten äußeren Verbindung (Primärleitung) mit zerstörungsfrei prüfbar Meldern / Übertragungseinrichtungen / Automatischen Wähl- oder Übertragungsgeräten

- Anzeige der Herkunft von Meldungen in Übereinstimmung mit dem Sicherheitskonzept
- Signalgeber
- Anzeige- und / oder Betätigungseinrichtungen in oder außerhalb Zentralen
- Schalteinrichtungen
- Ansteuereinrichtungen in Verbindung mit Übertragungseinrichtungen, Automatische Wähl- oder Übertragungsgeräte, Steuereinrichtungen, Alarmierungseinrichtungen
- Energieversorgung
- Störungsweiterleitung an die abgesetzte beauftragte Stelle bei nicht ständig besetzter Stelle vor Ort
- Alle Anlagenteile auf ordnungsgemäße Befestigung
- Alle Anlagenteile auf äußere Beschädigung und Verschmutzung
- Die Anlagendokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit (z.B. Meldergruppen-Verzeichnis)

2. Inspektionen der gesamten Anlage sind einmal im Jahr durchzuführen und können bei einer der vierteljährlichen Inspektionen mit oder aber auf die vierteljährlichen Inspektionen verteilt erledigt werden. Nach DIN VDE 0833-1 sind folgende Leistungen durchzuführen [DIN VDE 0833-1, 2009]:

- Inspektion aller zerstörungsfrei prüfbaren Melder, einschließlich der damit verbundenen Anzeige über die Herkunft der Meldung
- Inspektion der Funktion der überwachten äußeren Verbindung, die nur Melder enthalten, die nicht zerstörungsfrei prüfbar sind.

2.5.2. Wartung von Brandmeldeanlagen

Wartungen an Brandmeldeanlagen sind nach DIN 0833-1 mindestens einmal im Jahr durchzuführen. Die durchzuführende Art und der Umfang werden vom Hersteller der jeweiligen Anlage festgelegt, wobei die Durchführung der Wartung auch im Zuge der Inspektionen erfolgen kann.

Folgende Leistungen umfasst i.d.R. die Wartung [DIN VDE 0833-1, 2009]:

- Pflege von Anlagenteilen
- Ggf. Auswechseln von Anlagenteilen (z.B. Rauchmeldern) und Bauelementen (z.B. Akkumulatoren, Geräte- und Speicherbatterien) nach Ablauf der Nutzungsdauer
- Ggf. Justieren, Neueinstellen und Abgleichen von Bauteilen und Geräten

2.6. Weitere Objekte und Anlagen des anlagentechnischen Brandschutzes

Neben der Brandmeldeanlage gehören zum anlagentechnischen Brandschutz weitere Objekte und Anlagen, die an der aktiven Feuerbekämpfung bzw. an der Verhinderung der Feuerausbreitung beteiligt sind.

Hierzu zählen in erster Linie ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen, tragbare Feuerlöscher und Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung.

Im Folgenden werden diese Anlagen bzw. Objekte kurz erläutert und auf die im Rahmen der Instandhaltung gültigen Normen eingegangen.

2.6.1. Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen

Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen sind in oder an Gebäuden fest installierte Objekte zur Eindämmung von Bränden. Je nach brennendem Stoff (Brandklasse) wird zur Brandbekämpfung ein spezielles Löschmittel eingesetzt, woraus sich eine Vielzahl an Feuerlöschanlagentypen ergibt. Einen Überblick mit der Angabe der zuständigen Regelwerke (sofern vorhanden) gibt Abbildung 2.4.

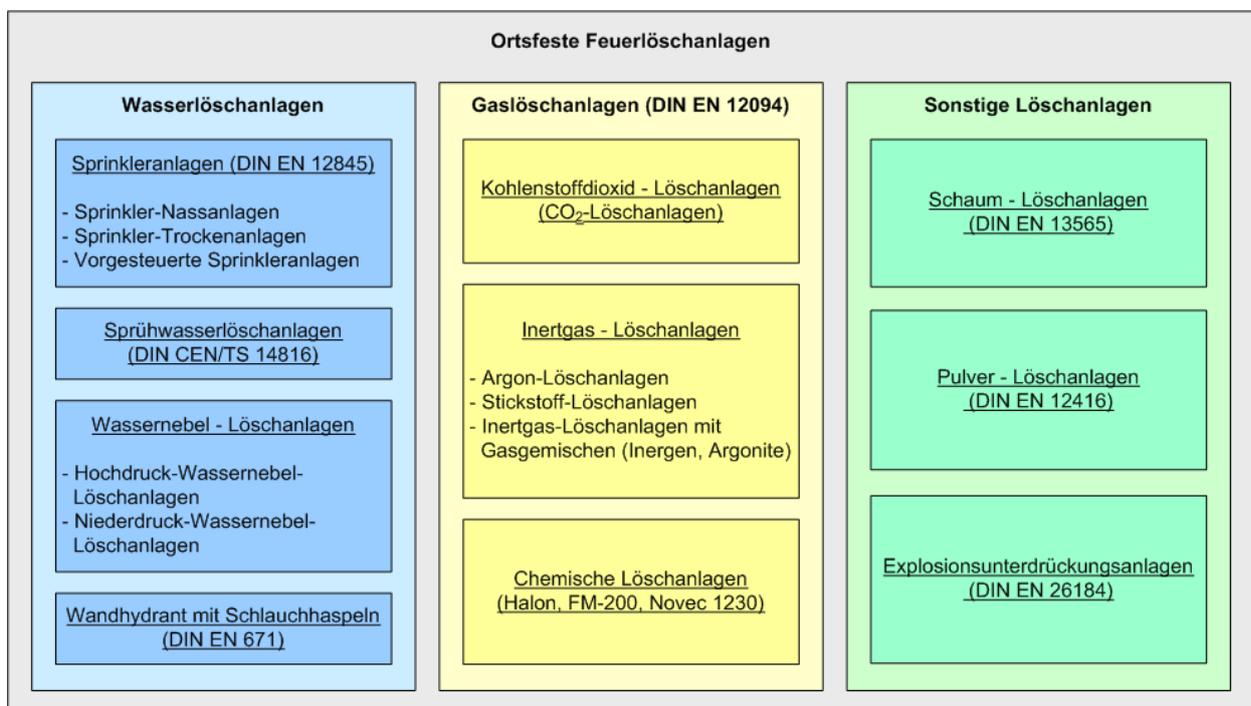


Abbildung 2.4: Ortsfeste Feuerlöschanlagen [Kreger, 2011]

Nach [Minimax, 2011c] sind die Brandklassen wie folgt definiert (DIN EN 2):

- A Brände von festen Stoffen: Holz, Papier, Stroh, Kohle, Textilien usw.
- B Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen: Benzin, Öle, Fette, Lacke, Harze, Wachse, Teer, Äther, Alkohole, Kunststoffe usw.
- C Brände von Gasen: Methan, Propan, Wasserstoff, Acetylen, Stadtgas usw.
- D Brände von Metallen: Aluminium, Magnesium, Lithium, Natrium, Kalium usw. und deren Legierungen
- F Brände von Speisefett und Speiseöl

Im Folgenden werden der Aufbau, die Funktion sowie die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen anhand einer Sprinkleranlage mit Wasser als Löschmittel beschrieben. Andere Instandhaltungsobjekte sind entsprechend ihrer zuständigen Vorschriften (Normen) und den Angaben des Herstellers instand zu halten. Hierbei ist der Umfang der Instandhaltungsmaßnahmen bei allen Löschanlagen, die ein Löschmittel durch ein Rohrleitungsnetz befördern, nahezu identisch, dies schließt z.B. Wandhydranten nach DIN EN 671 mit ein.

Sprinkleranlagen sind die am häufigsten vorkommenden Brandbekämpfungsanlagen. Sie gehören zur Kategorie der Wasserlöschanlagen und werden in Gebäuden ohne spezielle Nutzung betrieben.

Aufgrund des Wärmebindungsvermögens von Wasser wird dieses vornehmlich zur Bekämpfung von brennenden glutbildenden Stoffen (Brandklasse A) genutzt. Dabei kühlt das Wasser den brennenden Stoff und seine Umgebung, stört somit die thermischen Reaktionsvoraussetzungen und behindert so die Bildung von brennbaren Gasen und Dämpfen [MINIMAX, 2011d].

2.6.1.1. Aufbau einer Sprinkleranlage

DIN EN 12845 beschreibt den Aufbau von Sprinkleranlagen und wie diese ausgeführt werden müssen. Hierbei kann unterschieden werden, ob die Anlage zu jeder Zeit komplett mit Wasser gefüllt ist (Nass) oder ob sie erst im Brandfall gefüllt wird (Trocken). Abbildung 2.5 stellt schemenhaft den Aufbau einer Sprinkleranlage dar.

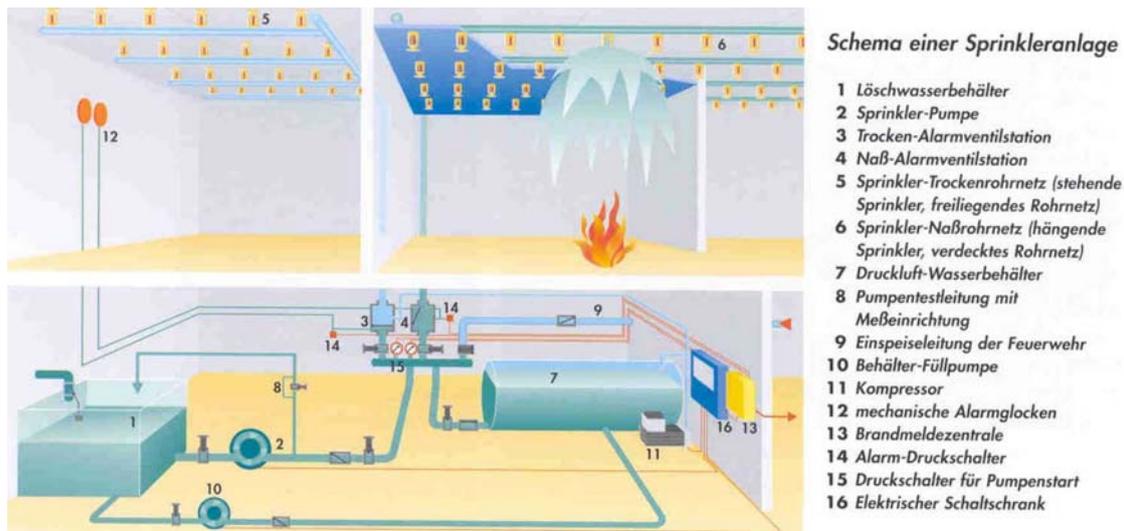


Abbildung 2.5: Schema einer Sprinkleranlage [Mayr u. Battran, 2007]

Der Aufbau einer Sprinklerzentrale (SPZ) gliedert sich hauptsächlich in ein Rohrleitungsnetz und die Sprinklerköpfe. Zur Verteilung des Wassers sind die einzelnen Sprinklerköpfe (Wasserverteilerdüsen) meist in Deckenhöhe montiert. Durch eine Glasampulle, die im Brandfall bei einer vorgegebenen Temperatur zerplatzt, sind die Sprinklerköpfe verschlossen. In Abbildung 2.6 sind mögliche zu verwendende Glasampullen dargestellt. Sie unterscheiden sich anhand ihrer Auslösetemperatur und sind zu diesem Zwecke in verschiedenen Farben codiert. Ähnlich der Melder einer Brandmeldeanlage sind die einzelnen Sprinklerköpfe in einzelnen Gruppen zusammengefasst. Jede Sprinklergruppe besitzt eine eigene Zuleitung und ein eigenes Rohrleitungsnetz.



Abbildung 2.6: Glasampullen von Sprinklerköpfen [Adams, 2011]

Durch einen Druckabfall im Rohrleitungssystem wird die Sprinkleranlage aktiviert. Der Druckabfall resultiert hierbei aus dem Zerplatzen einer oder mehrerer Glasampullen. Durch den Unterdruck öffnet sich die Alarmventilstation (in Abbildung 2.5 Nr. 3 und 4), woraufhin die Pumpen in der Sprinklerzentrale anlaufen. Das Auslösen einer Sprinkleranlage kann weiterhin auch automatisch durch eine Brandmeldezentrale geschehen. In diesem Fall spricht man von einer vorgesteuerten Sprinkleranlage [Kreger, 2011].

2.6.1.2. Instandhaltung einer Sprinkleranlage

Die wichtigsten Regelwerke zu Sprinkleranlagen sind CEA 4001 (Vorgänger: VdS 2092) und DIN EN 12845. Jedoch spricht sich der Verband Technischer Brandschutz e.V. in seinem Positionspapier [bvfa, 2010] deutlich für die CEA 4001 aus, da diese detailliertere Angaben enthalte, einen höheren Sicherheitsstandard ermögliche und mit dieser ein wirtschaftlicherer Einsatz von Sprinkleranlagen möglich sei.

Laut [VdS CEA 4001, 2010] muss eine Sprinkleranlage mindestens einmal im Jahr durch einen Sachverständigen geprüft werden. Dies geschieht nach den Vorgaben von [VdS 2846, 2001]:

- Revision von Sprinkleranlagen durch Sachverständige;
- Prüfumfang: Detaillierte Beschreibung des Prüfvorganges, Tabellen zur Dokumentation.

Nach spätestens 50 Jahren sollte ein Austausch gegen ein moderneres Modell erfolgen (siehe Abschnitt 18.1.1.1 [VdS CEA 4001, 2010]).

Im Winter sind spezielle Vorschriften nach Abschnitt 18.3.1 der VdS CEA 4001 und [VdS 2373, 1998] zu beachten um die Frostsicherheit zu gewährleisten.

Vorgaben zu regelmäßigen Kontrollen werden dem Betreiber vom Errichter vorgegeben (siehe Abschnitt 18.5 [VdS CEA 4001, 2010]).

Abschnitt 18.3.2 der VdS CEA 4001 macht Vorgaben zu täglichen Kontrollen:

Es sind tägliche Kontrollen an allen Werktagen durchzuführen. Durch Sonn- und Feiertage darf der maximale Abstand der Kontrollen drei Tage nicht überschreiten. Bei Anlagen, deren Betriebsbereitschaft nach Abschnitt 19 selbsttätig überwacht wird, darf auf die täglichen Kontrollen verzichtet werden. Diese Kontrollen sind jedoch mindestens wöchentlich durchzuführen.

Im Einzelnen sind zu kontrollieren und aufzuzeichnen:

- Füllhöhen in Wasserbehältern (z.B. Vorratsbehälter, Zwischen-, Erd- und Hochbehältern)
- Füllhöhen in Druckluftwasserbehältern
- Füllhöhen von Kraftstoffbehältern
- Füllhöhen von Schaummittelbehältern
- Druck im Druckluftwasserbehälter
- Druck vor den Alarmventilen
- Druck in den Rohrleitungen von Trocken-, Nass-Trocken- und vorgesteuerten Gruppen
- Funktionsfähigkeit der Heizeinrichtungen (während der Heizperiode) in der Sprinklerzentrale, im Bereich von Nassanlagen usw.

Wöchentlich muss nach Abschnitt 18.3.3.2 der VdS CEA 4001 folgendes kontrolliert und aufgezeichnet werden:

- (1) Die richtige, betriebsbereite Stellung sämtlicher Haupt-Absperrarmaturen

Anmerkung: Die Absperrarmaturen in Leitungen, wie vor und hinter der Pumpe, von den Wasserzufuhren zur Löschanlage, vor Alarmventilen, durch die der Wasserfluss unterbrochen werden kann, müssen in offenem Zustand so gesichert sein, dass ein Unbefugter sie nicht verstellen kann. Die Absperrarmaturen in Leitungen, wie der Probierleitung, der Leitung zu den Feuerwehreinspeisungen, der Entleerungsleitung von Behältern, durch die der Wasserfluss vermindert werden kann, müssen im geschlossenen Zustand so gesichert sein, dass ein Unbefugter sie nicht verstellen kann.

- (2) Alle Wasserstände in Flüssen, Kanälen, Seen die für die Wasserversorgung der Anlage relevant sind.

Abweichungen hiervon sind unter bestimmten, in Abschnitt 18.3 der VdS CEA 4001 geregelten, Bedingungen möglich.

Nach DIN EN 12845 hat der Betreiber einen Prüfungs-, Service- und Inspektionsplan aufzustellen und diesen zusammen mit den Ausführungsunterlagen in einem Betriebsbuch auf dem Betriebsgelände vorzuhalten. Die Wartungsarbeiten sind herstellereinspezifisch und somit auf die entsprechende Anlage angepasst. Sie sind grundsätzlich während der Inspektionen durchzuführen. Hierbei sollten beweglichen Teile z.B. an Armaturen geschmiert und die Anlagenteile gereinigt werden [Kreger, 2011].

Prüfungen

- (1) Wöchentliche Routineprüfung

In einem Zeitabstand von maximal 7 Tagen müssen die in der DIN aufgeführten Leistungen und die vom Hersteller empfohlenen Maßnahmen durchgeführt werden. [DIN EN 12845, 2009] schreibt folgende wöchentliche Maßnahmen vor:

- Verschiedene Kontrollen der Manometer, Wasserstände und Stellung sämtlicher Absperrarmaturen.
- Prüfung der wassergetriebenen Alarmglocke
- Prüfung des automatischen Pumpenstarts
- Wiederholungsstart Prüfung bei Dieselmotoren
- Begleitheizungen und örtliche Heizungen

(2) Monatliche Kontrollen

Die monatlichen Kontrollen umfassen die Prüfung der Blei-Akkumulatoren, die für das Starten der Dieselmotoren und das Versorgen der Schaltschränke zuständig sind.

Inspektionen

Die DIN EN 12845 schreibt sechs sich wiederholende Inspektionen vor:

(1) Vierteljährlich Routineinspektion

- Überprüfung der Einstufung in Brandgefahrenklassen
- Sprinkler, Steuerventile und Sprühdüsen
- Rohrleitungen und Rohrhalterungen
- Wasserversorgungen und zugehörige Alarmierungseinrichtungen
- Stromversorgungen
- Absperrarmaturen
- Strömungsmelder
- Ersatzteile auf Bestand und Zustand prüfen

(2) Halbjährlich Routineinspektion

- Trockenalarmventile
- Alarmübertragung zur Feuerwehr und zu externen zentralen Leitstellen

(3) Jährlich Routineinspektion

- Prüfung der Durchflussrate von automatischen Pumpen
- Prüfung der Dieselmotoren auf Fehlstart
- Schwimmerventile für Vorratsbehälter
- Pumpenansaugkammern und Steinfänger

(4) 3-Jahres-Routineinspektion

- Vorrats- und Druckluftwasserbehälter auf Korrosion prüfen
- Absperrarmaturen, Alarm- und Rückschlagventile der Wasserversorgung

(5) 10-Jahres-Routineinspektion

- Reinigen aller Vorratsbehälter von innen und gegebenenfalls Baukörper in Stand setzen

(6) 25-Jahres-Routineinspektion

- Gründliche Spülung des gesamten Rohrleitungsnetzes
- Untersuchung der Sprinkler stichprobenartig nach festgelegtem Muster

2.6.2. Tragbare Feuerlöscher

Tragbare Feuerlöscher (Abbildung 2.7) unterliegen der Zertifizierung nach DIN EN 3. Für die Anwendung dieser Löschergeräte bedarf es keiner speziellen Ausbildung, im Rahmen einer Feuerschau wird die Nutzung jedoch meist regelmäßig durch die Feuerwehr präsentiert. Gefüllt werden können die Feuerlöscher mit unterschiedlichen Löschmitteln, je nach erwartetem Einsatzzweck.

Bezüglich der unterschiedlichen Brandklassen zeigt Tabelle 2.2 einen Überblick über die entsprechend geeigneten Löschmittel.



Abbildung 2.7: Tragbare Feuerlöscher [Minimax, 2011b]

	Brand- klassen					
Pulverlöscher mit Glutbrandpulver	PG	✓	✓	✓	✗	✗
Pulverlöscher mit Metallbrandpulver	PM	✗	✗	✗	✓	✗
Pulverlöscher	P	✗	✓	✓	✗	✗
Kohlendioxid-Löscher (CO₂)	K	✗	✓	✗	✗	✗
Wasserlöscher	W	✓	✗	✗	✗	✗
Schaumlöscher	S	✓	✓	✗	✗	✗
Fettbrandlöscher	F	✗	✗	✗	✗	✓

Tabelle 2.2: Brandklassen und Löschmittel [Berliner Feuerwehr, 2011]

2.6.2.1. Instandhaltung von tragbaren Feuerlöschern

Inspektion

Nach [DIN 14406-4, 2009] müssen folgende Beurteilungen durchgeführt werden:

- Allgemeiner Zustand, Sauberkeit;
- Lesbarkeit, Vollständigkeit und Richtigkeit der Beschriftung;
- Armaturen, Schläuche und Sicherungen;
- Fälligkeit von Prüf Fristen nach BetrSichV;
- Äußere und innere Schutzanstriche/Beschichtungen;
- Kunststoff-Formteile auf Beschädigungen;
- Auslöse- und Unterbrechungseinrichtungen;
- Masse oder Volumen des Löschmittels;
- Gewindeanschlüsse hinsichtlich mechanischer Beschädigungen und Gängigkeit;
- Weitere Verwendbarkeit oder Wiederverwendbarkeit des Löschmittels und Beschaffenheit des Innenraums des Löschmittelbehälters durch Sichtprüfung (entfällt bei Kohlendioxid). Auch wenn dies bei Dauerdrucklöschern mit dem Löschmittel Pulver zweifelsfrei — in Eigenverantwortung des Sachkundigen ohne Öffnen des Löschmittelbehälters beurteilt werden kann, muss der Löschmittelbehälter in einem Zeitabstand geöffnet werden, der nicht länger als 4 Jahre betragen darf.
- Sicherheitseinrichtungen/Überdruckeinrichtungen hinsichtlich Beschädigungen und Korrosionserscheinungen;
- Dichtstellen und Dichtungen;
- Kanäle und Leitungen, durch die Löschmittel und/oder Treibmittel transportiert werden, hinsichtlich Beschädigungen, Korrosionserscheinungen und freien Durchgang;
- Bei Aufladelöschern Druck oder Masse des Treibgases.

Weitere Maßnahmen:

- Funktionsbereitschaft des Löschers wieder herstellen; soweit erforderlich durch Instandsetzung; Dauerdrucklöscher auch hinsichtlich Dichtigkeit inspizieren;
- Beschriftung nach Abschluss der Instandhaltung und/oder dem Füllen anbringen; gegebenenfalls Kennzeichnung nach DIN EN 3-7 ändern;
- Löscherhalterung — sofern bei Instandhaltung zugänglich — auf ordnungsgemäßen Zustand untersuchen.

Wartung

Im Rahmen der Wartung von tragbaren Feuerlöschern sind das Löschmittel, Treibmittel und einzelne Bauteile wie Dichtungen auszutauschen. Hierbei sollte weiterhin der Feuerlöscher gereinigt und eventuell bewegliche Teile geschmiert werden.

Zeitabstände zwischen zwei Inspektionen

Tragbare Feuerlöscher sind in einem Turnus von maximal zwei Jahren durch eine Sachkundige Person zu inspizieren. Diese Frist kann bei gegebenem erhöhtem Brandrisiko durch besondere gesetzliche und berufsgenossenschaftliche Regeln entsprechend deutlich verkürzt werden [DIN 14406-4, 2009].

Eine innere Prüfung muss laut Betriebssicherheitsverordnung §15 (5) 2 nach maximal 5 Jahren erfolgen, eine Festigkeitsprüfung nach 10 Jahren. Diese Fristen entsprechen denen, die die Druckbehälterverordnung in §10 (4) angibt [DruckbehV, 1999]. Die Prüfungen werden von einer befähigten Person nach TBRS 1203-2 durchgeführt, sofern es sich um ein Gerät handelt, bei dem „das Produkt aus maximal zulässigem Druck PS und maßgeblichem Volumen V nicht mehr als 1.000 bar.Liter beträgt“ (siehe [BetrSichV, 2010] Anhang 5 Punkt 6 (1)). Andernfalls erfolgt die Prüfung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS).

In einer Kundeninformation der Firma Minimax [Minimax, 2011a] heißt es:

„Die Festigkeitsprüfung der Kohlendioxidfeuerlöscher erfolgt für 5/6 kg Geräte durch die ZÜS. Geräte mit 2 kg Löschmittelinhalt können auch durch die befähigte Person einer Festigkeitsprüfung unterzogen werden. Wir empfehlen auch hier eine ZÜS - Prüfung.“

„Insbesondere für Kohlendioxidfeuerlöscher liegt es in der Verantwortung des Betreibers eine Gefährdungsbeurteilung nach § 3 BetrSichV zu erstellen und eine sicherheitstechnische Bewertung nach § 15 (1) BetrSichV durchzuführen (siehe TRBS 1111).“

2.6.3. Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung

DIN EN 12101 regelt die Belange für Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung (RWA). [DIN EN 12101-1, 2006] erklärt RWA wie folgt:

„Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) schaffen eine rauchfreie Schicht oberhalb des Bodens durch Entfernen des Rauchs und der Wärme und verbessern so die Bedingungen für eine sichere Flucht und/oder die Rettung von Menschen und Tieren und den Sachschutz und erlauben es, dass das Feuer bereits in seinem frühen Stadium bekämpft werden kann.

...

RWA-Anlagen helfen:

- *Flucht- und Zugangswege frei von Rauch zu halten;*
- *die Brandbekämpfung durch Bildung einer rauchfreien Schicht zu erleichtern;*
- *den „flash-over“ und damit die volle Entwicklung eines Brandes zu verzögern und/oder zu verhindern;*
- *Ausrüstungen, Einrichtungen und Güter zu schützen;*
- *thermische Einflüsse auf bauliche Komponenten während eines Brandes zu verringern;*
- *Schäden, verursacht durch Verbrennungsrückstände und heiße Gase, zu reduzieren.“*

Die Normenreihe behandelt folgende Anlagen:

Rauchschürzen (DIN EN 12101-1)

Rauchschürzen sind Rauchblockaden aus festem oder flexiblem Material, die eine Rauchausbreitung innerhalb von Gebäuden verhindern sollen (Abbildung 2.8).



Abbildung 2.8: Geöffnete und geschlossene Rauchschürzen [Roda, 2011]

Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte (DIN EN 12101-2)

Mittels natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten (z.B. Klappen) kann durch Öffnen dieser im Brandfall, aufsteigender warmer Rauch mittels Kamineffekt (Sog) aus z.B. einem Treppenhaus entweichen und dieser somit rauchfrei gehalten werden. Dazu müssen die Klappen am höchsten Punkt eines Raumes (z.B. in einem Treppenhaus) angebracht sein.

Maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsgeräte (DIN EN 12101-3)

Maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsgeräte sind spezielle Lüftungsanlagen, die mittels Entrauchungsklappen und Entrauchungsleitungen Rauch und Wärme aus einem oder mehreren Räumen in einem Gebäude nach außen befördern (Abbildung 2.9).

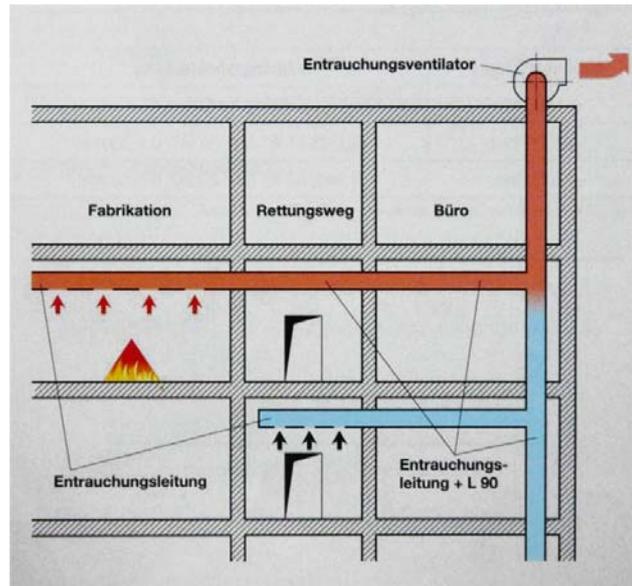


Abbildung 2.9: Maschinelle Entrauchung [Bastke & Staats, 2011]

2.6.3.1. Instandhaltung von Anlagen zur Rauch- und Wärmefreihaltung

[DIN EN 12101-4, 2006] überträgt dem Hersteller von Rauch- und Wärmefreihaltungsanlagen den Umfang der Instandhaltungsaufgaben. Hierbei sind folgende Angaben festzulegen:

- Inspektions- und Wartungsverfahren
- Empfohlene Verfahren für Funktionsprüfungen
- Empfohlene Überprüfung von Hindernissen für den Betrieb, z.B. Verschönerungen, Beleuchtung, Regale, Verkaufsstände usw.
- Empfohlene Korrosionsprüfungen usw.
- Empfohlene Überprüfung von mechanischen Befestigungen
- Empfohlene Überprüfung für Energieversorgung und Steuerungen
- Empfohlene Überprüfung auf Durchdringungen, Löcher usw.
- Empfohlene Überprüfung auf alles, was tatsächlich die Leistung des Produkts beeinflusst

2.6.4. Streulichrauchmelder

„Einmal jährlich sind Inspektionen durchzuführen für alle zerstörungsfrei prüfbaren Melder, einschließlich der damit verbundenen Anzeige über die Herkunft der Meldung“ (Kapitel 5.3.2 der [DIN VDE 0833-1, 2009])

Das Prüfverfahren muss laut DIN 14675/A1 11.5.2 vom Hersteller vorgegeben werden. So gibt zum Beispiel die Firma Esser [Novar, 2007] in ihrem Bericht „Instandhaltung von punktförmigen Brandmeldern gemäß DIN 14675 A1/12-2006“ die folgende Prüfanweisung für ihre Rauchmelder aus:

„Einmal jährlich mit Prüfgas auslösen und abwarten, bis die Individual-Anzeige des Melders eine Aktivierungsbestätigung anzeigt.“

Dieser Bericht enthält auch Informationen zu Wartung von Wärme- und Mehrkriterien-Meldern der Firma Esser.

Den Austausch von Brandmeldern regelt [DIN 14675/A1, 2006]:

Brandmelder sind nach Herstellerangaben auszutauschen bzw. einer Werksprüfung und -instandsetzung zu unterziehen. Dies ist im Betriebsbuch zu dokumentieren.

Dabei gilt ergänzend zu den Festlegungen in DIN VDE 0833-1 (VDE 0833-1):

- (1) Wird bei der jährlichen Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines Brandmelders ein vom Hersteller vorgegebenes Prüfverfahren verwendet, mit welchem das vom Hersteller nach dem entsprechenden Teil der DIN EN 54 festgelegte Ansprechverhalten überprüft und nachgewiesen werden kann, so kann der Brandmelder bis zu dem Zeitpunkt im Einsatz bleiben, bei dem eine nicht zulässige Abweichung festgestellt wird.
- (2) Automatische punktförmige Brandmelder mit Verschmutzungskompensation oder automatischer Kalibriereinrichtung mit Anzeige bei einer zu großen Abweichung können bis acht Jahre im Einsatz bleiben, wenn die Funktionsfähigkeit des Melders nachgewiesen ist, bei deren Überprüfung vor Ort jedoch nicht festgestellt werden kann, ob das Ansprechverhalten in dem vom Hersteller festgelegten Bereich liegt. Diese Brandmelder müssen nach dieser Einsatzzeit ausgetauscht bzw. einer Werksprüfung und -instandsetzung unterzogen werden.
- (3) Automatische punktförmige Brandmelder ohne Verschmutzungskompensation oder automatischer Kalibriereinrichtung, bei deren Überprüfung vor Ort nicht festgestellt werden kann, ob das Ansprechverhalten in dem vom Hersteller festgelegten Bereich liegt, müssen jedoch spätestens nach einer Einsatzzeit von fünf Jahren ausgetauscht bzw. einer Werksprüfung und -instandsetzung unterzogen werden (DIN 14675/A1 Abschnitt 11.5.3).

2.6.5. Brandschutz-/Rauchschutztüren

Im Brandschutz wird zwischen den beiden Begriffen Brandschutztüren und Rauchschutztüren unterschieden.

Brandschutztüren sind Türen, die für eine bestimmte Dauer den Durchtritt des Feuers verhindern und sich dann noch öffnen lassen. Sie verhindern nicht den Durchtritt von Rauchgasen. Die Schutzdauer wird in Minuten angegeben: T30, T60, T90, T120, T180. Regelungen zu Brandschutztüren enthält DIN 4102. Außerdem müssen sie über eine DIBt-Zulassung verfügen.

Rauchschutztüren sind selbstschließende Türen, die den Raucheintritt für etwa 10 Minuten verhindern und damit für diese Zeitspanne eine Rettung von Personen ohne Atemschutzgeräte ermöglichen. Sie müssen über ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis verfügen und sind geregelt in DIN 18095.

Außerdem gibt es Brandschutztüren mit Rauchschutzfunktion, die beide Kriterien erfüllen.

Sowohl in den DIBt-Zulassungen von Brandschutztüren als auch in der DIN 18095-1 wird gefordert, dass der Hersteller für seine Tür eine Wartungsanleitung ausgeben muss. Diese ist oft ein Teil der Einbauanleitung.

Die Wartungsanleitung enthält die genauen Wartungsvorgänge. In der Regel ist eine Wartung pro Jahr erforderlich:

Die Firma Forster⁶ gibt für ihre F90-Türen in ihrer Wartungsanleitung eine Überprüfung ein Mal im Jahr oder nach max. 50.000 Öffnungen vor.

Ähnliches gilt für die Firma Teckentrup⁷. In deren „Planungs-, Einbau- und Wartungsanleitung für 1-flüglige und 2-flüglige Türen“ heißt es:

„Um stets die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Feuerschutz-, Rauchschutz-, Sicherheit-, Schallschutz- und Mehrzwecktüren zu gewährleisten, ist eine fachgerechte Wartung mit einem Intervall von max. 12 Monaten (bei häufiger Türbenutzung auch öfter) erforderlich.“

⁶ Forster Rohr- & Profiltechnik AG, Arbon Schweiz; www.forster-profile.ch

⁷ Teckentrup GmbH & Co. KG, Verl-Sürenheide; Planungs-, Einbau- und Wartungsanleitung für 1-flüglige und 2-flüglige Türen, gültig ab 04.2010; www.teckentrup.biz

2.7. Anforderungen an Akteure der Instandhaltung

Wie aus den vorgestellten Beispielen hervorgeht, müssen die Instandhaltungsmaßnahmen von Personen mit unterschiedlichen Qualifikationen ausgeführt werden.

Beispielsweise muss die Überprüfung und Wartung einer BMA nach VDE 0833-1 von einer Elektrofachkraft oder einer sachkundigen Person vorgenommen werden. Eine Elektrofachkraft ist dabei eine Person, die durch ihre Ausbildung die nötigen Kenntnisse über Brandmeldeanlagen erlangt hat, eine sachkundige Person ist jemand, der durch eine Elektrofachkraft über die Funktion und Gefahren belehrt wurde.

Nach DIN 14675 muss die Instandhaltung durch eine Fachfirma erfolgen. Diese muss durch eine nach DIN EN 45011 akkreditierte Stelle zertifiziert sein und ein Qualitätsmanagementsystem nachweisen.

Da zusätzlich noch die Vorgaben des VdS beachtet werden müssen, ist die Wahl eines VdS-zertifizierten Betriebes zu empfehlen. Ein Verzeichnis der VdS-zertifizierten Fachfirmen für Brandmeldeanlagen enthält VdS 2864. Außerdem bietet VdS 2490 ein Verzeichnis von VdS-anerkannten Errichterfirmen für Feuerlöschanlagen und VdS 3444 ein Verzeichnis VdS-anerkannter Instandhaltungsfirmen für Rauch- und Wärmeabzugsanlagen.

Die Überprüfung von Feuerlöschern muss von einem Sachkundigen nach DIN 14406-4, einer befähigten Person nach TRBS 1203 oder einer zugelassenen Überwachungsstelle nach Betriebssicherheitsverordnung §21 durchgeführt werden. Ein Sachkundiger nach DIN 14406-4 muss eine entsprechende Ausbildung absolviert haben und schriftlich legitimiert sein. Eine befähigte Person nach TRBS 1203 muss entsprechend ausgebildet sein, ihre Kenntnisse aktuell halten und ihr Wissen regelmäßig anwenden um nichts zu verlernen.

Tabelle 2.3 stellt beispielhaft einige der Akteure der Instandhaltung dar.

Begriff	Definition	Regelwerk	Text- stelle / Kapitel
Fachfirma	Alle an den Phasen für den Aufbau und Betrieb von Brandmeldeanlagen verantwortlich beteiligten Personen, Stellen oder Unternehmen	DIN 14675	3.7
Verantwortliche Person	Person mit Systemkenntnis, Hintergrundwissen, Erfahrung und Fähigkeit, die BMA nach dieser Norm in der vorgesehenen Weise zu planen, zu betreiben und/oder in Stand zu halten.	DIN 14675	3.12
Fachfirma	Alle an den Phasen für den Aufbau und Betrieb von Brandmeldeanlagen verantwortlich beteiligten Personen, Stellen oder Unternehmen, deren Kompetenz nachgewiesen ist.	DIN 14675/A1	3.7
Eingewiesene Person	Person, die in die für den Betrieb einer GMA erforderlichen Aufgaben eingewiesen wurde und in der Lage ist, selbständig die Bedienung der GMA vorzunehmen, Einflüsse auf die Überwachungsaufgaben, z. B. durch die Raumnutzung, die Raumgestaltung oder die Umgebungsbedingungen, bzw. Unregelmäßigkeiten zu erkennen und eigenverantwortlich bei Beeinträchtigungen, Inspektionen und Störungsbeseitigungen zu veranlassen.	VDE 0833-1	2.14
Sachkundige Person	Person, die durch eine Elektrofachkraft für Gefahrenmeldeanlagen über die übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren und Folgen bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet wurde und der die erforderlichen Kenntnisse für die Beurteilung der Objektvoraussetzungen, wie baulicher Brandschutz oder mechanische Sicherungstechnik, des Einflusses der Raumnutzung und der Einsatzgrenzen der Meldungserfassung vermittelt wurden und die über durchzuführende Schutzmaßnahmen und weitere Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei Abschaltung oder Störung von Anlageteilen sowie über das Sicherungskonzept belehrt wurde.	VDE 0833-1	2.15
Anerkannte Errichter	Sprinkleranlagen sind in Übereinstimmung mit diesen Richtlinien von VdS-anerkannten Errichtern unter Verwendung VdS-anerkannter Bauteile und Verfahren für die Dimensionierung der Rohrleitungen, wie in Anhang G aufgeführt, zu installieren. Der anerkannte Errichter muss für jeden Anlagentyp, den er installiert, anerkannt sein.	CEA 4001	1.4.1

Elektrofachkraft	Person, die aufgrund der fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Normen und Bestimmungen die übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann. Für den Bereich der Gefahrenmeldeanlagen wird eine Ausbildung aus dem Spektrum der Elektrotechnik auf dem Gebiet der Nachrichten-, Informations-, Mikroprozessor-, Mess- und Regel- oder allgemeinen Elektrotechnik vorausgesetzt und es sind Erfahrungen auf den jeweils anderen Gebieten sowie Systemkenntnisse der Gefahrenmeldetechnik nachzuweisen. Auch sind Kenntnisse für die Beurteilung der Objektvoraussetzungen, wie baulicher Brandschutz oder mechanische Sicherungstechnik, des Einflusses der Raumnutzung und der Einsatzgrenzen der Meldungserfassung erforderlich.	VDE 0833-1	2.13
Zuständige Stellen	Behörden – z.B. Brandschutz- und Baubehörden, örtliche Wasserversorgungsunternehmen oder sonstige öffentliche zuständige Stellen –, Feuerversicherer oder VdS Schadenverhütung (VdS), die für die Anerkennung von Sprinkleranlagen, Bauteilen und Verfahrensweisen verantwortlich sind.	CEA 4001	2
Befähigte Person	Befähigte Person im Sinne dieser Verordnung ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. Sie unterliegt bei ihrer Prüftätigkeit keinen fachlichen Weisungen und darf wegen dieser Tätigkeit nicht benachteiligt werden.	BetrSichV	§2 (7)
Befähigte Person		TRBS 1203	
Zugelassene Überwachungsstelle		BetrSichV	§21
Sachkundiger nach § 32 DruckbehV		TRB 502	
Sachkundiger für Druckbehälter		DruckbehV	§32
Sachverständiger für Druckbehälter		DruckbehV	§31
Sachkundiger für die Prüfung von Feuerlöschern		DIN 14406-4	4

Tabelle 2.3: Überblick über die Akteure der Instandhaltung

2.8. Wartungsintervalle

Nach den gesetzlichen Richtlinien und weiterer Vorgaben sind im Rahmen der Instandhaltung von Brandschutzobjekten unterschiedliche Instandhaltungs-/ Wartungsintervalle einzuhalten. Wie bereits in den vorausgehenden Kapiteln an verschiedenen Brandschutzobjekten erläutert, sind hierbei je nach Objektart unterschiedliche Intervalle, aber auch Maßnahmen vorgesehen. Tabelle 2.4 stellt beispielhaft einige der Instandhaltungsobjekte, deren Wartungsintervalle und -maßnahmen sowie die zuständigen Personen und die entsprechende rechtliche Grundlage (Regelwerk) für die Instandhaltungsdurchführung dar.

Anlage	Wartungsintervall	Maßnahme	Person	Regelwerk
BMA	4 mal jährlich in etwa gleichen Abständen	Prüfung	Elektrofachkraft oder sachkundige Person	VDE 0833-1
BMA		Wartung	Fachfirma	DIN 14675/A1:2006-12
BMA		Inspektion	Fachfirma	DIN 14675/A1:2006-12
BMA	jährlich	Wartung	Elektrofachkraft oder sachkundige Person	VDE 0833-1
Brandfallsteuerung, funktionale Kette der	3 Jahren max. Zeitabstand	Überprüfung und Dokumentation	Fachfirma	DIN 14675/A1:2006-12
Brandmelder			Fachfirma	DIN 14675/A1:2006-12
Brandmelder (zerstörungsfrei prüfbar)	1 mal jährlich	Inspektion	Elektrofachkraft oder sachkundige Person	VDE 0833-1
Brandmelder, automatisch, punktförmig, mit Verschmutzungskompensation oder automatischer Kalibrierung, Ansprechverhalten nicht vor Ort prüfbar	nach 8 Jahren	Austausch bzw. Werksprüfung und -instandsetzung	Fachfirma nach 4.2	DIN 14675/A1:2006-12
Brandmelder, automatisch, punktförmig, ohne Verschmutzungskompensation oder automatische Kalibrierung, Ansprechverhalten nicht vor Ort prüfbar	nach 5 Jahren	Austausch bzw. Werksprüfung und -instandsetzung	Fachfirma nach 4.2	DIN 14675/A1:2006-12
Brandschutztür F-90	1 mal jährlich oder nach max. 50.000 Öffnungen	Wartung	Fachmann oder instruierte, sachkundige Person (z.B. Hauswart)	z.B. Einbau- und Wartungsanleitung 26.6.2006, forster fuego®
Brandschutztüren	alle 12 Monate	Wartung		FSA-Merkblatt

Brandschutztüren und Türfeststellanlagen	jährlich	Wartung	Fachfirma	DIN 18089
Druckerhöhungsanlagen, Füll- und Entleerungsstation	jährlich	Wartung		
Feuerlöscher	2 Jahre, mindestens	Inspektion	Sachkundiger nach DIN 14406-4	DIN 14406-4
Feuerlöscher, Aufladelöscher	5 Jahre	Prüfung, innere	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, Dauerlöscher	5 Jahre	Prüfung, innere	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, Pulverfeuerlöscher	10 Jahre (nicht nötig, wenn bei inneren Prüfungen keine Mängel festgestellt wurden)	Prüfung, Festigkeitsprüfung	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 2kg Kohlendioxidfeuerlöscher	5 Jahre	Prüfung, innere	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 2kg Kohlendioxidfeuerlöscher	10 Jahre	Prüfung, Festigkeitsprüfung	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 2kg Kohlendioxidfeuerlöscher	2 Jahre	Prüfung, äußere	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 5 und 6kg Kohlendioxidfeuerlöscher	5 Jahre	Prüfung, innere	zugelassene Überwachungsstelle nach BetrSichV §21	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 5 und 6kg Kohlendioxidfeuerlöscher	10 Jahre	Prüfung, Festigkeitsprüfung	zugelassene Überwachungsstelle nach BetrSichV §21	BetrSichV
Feuerlöscher, tragbar, 5 und 6kg Kohlendioxidfeuerlöscher	2 Jahre	Prüfung, äußere	zugelassene Überwachungsstelle nach BetrSichV §21	BetrSichV
Feuerlöscher, Wasser- und Schaumfeuerlöscher	10 Jahre (nicht nötig, wenn bei Löschmittelbehältern mit Auskleidung bei der inneren Prüfung keine Beschädigung der Auskleidung festgestellt wurde)	Prüfung, Festigkeitsprüfung	befähigte Person nach TRBS 1203-2 (BetrSichV Anhang 5 §17 Punkt 6 (1))	BetrSichV
FSD	1/4-jährlich	Inspektion		DIN 14675

FSD	1 mal jährlich	Wartung	in Anwesenheit der für die Schließung der Innentür verantwortlichen Person (z.B. Feuerwehr) oder dessen Beauftragten	DIN 14675
RWA	jährlich	Wartung		DIN 18232-2
Sprinkleranlage	1 mal jährlich, mindestens	Prüfung	Sachverständigen der zuständigen Stelle	CEA 4001
Sprinkleranlage		Wartung	VdS-anerkannte Errichter, die für die jeweilige Anlagenart anerkannt sind und über die anlagen-spezifischen Ersatz-teile sowie die notwendige Doku-mentation verfügen	CEA 4001
Sprinkleranlage		Inspektion	VdS-anerkannten Errichter, die für die jeweilige Anlagenart anerkannt sind und über die anlagenspezifischen Ersatzteile sowie die notwendige Dokumentation verfügen	CEA 4001
Sprinkleranlage		Instandsetzung	VdS-anerkannte, die für die jeweilige Anlagenart anerkannt sind und über die anlagenspezifischen Ersatzteile sowie die notwendige Dokumentation verfügen	CEA 4001
Sprinkleranlage	Wöchentlich (nicht mehr als 7 Tage Abstand)	Kontrolle	Sprinklerwart	CEA 4001
Sprinkleranlage	monatlich	Kontrolle	Sprinklerwart	CEA 4001
Sprinkleranlage	1/4-jährlich	Kontrolle	Sprinklerwart oder VdS-anerkannter Errichter	CEA 4001
Sprinkleranlage	1/2-jährlich	Instandhaltungsarbeiten	sachkundige Person einer VdS-anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Sprinkleranlage	jährlich	Instandhaltungsarbeiten	sachkundige Person einer VdS-anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Sprinkleranlage	3 Jahre	Inspektion	sachkundige Person einer VdS-anerkannten Errichterfirma	CEA 4001

Sprinkleranlage	5 Jahre	Inspektion	sachkundige Person einer VdS- anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Sprinkleranlage	15 Jahre	Inspektion	sachkundige Person einer VdS- anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Sprinkleranlage	5 Jahre	Prüfung	Sachverständiger	VdS 2846
Sprinkleranlage	jährlich	Wartung		DIN 14489
Sprinkleranlage (Betriebsbereitschaft nicht selbsttätig überwacht)	täglich an allen Werktagen, Abstand durch Sonn- und Feiertage max. 3 Tage	Kontrolle	Sprinklerwart	CEA 4001
Sprinkleranlage (Betriebsbereitschaft selbsttätig überwacht)	wöchentlich, mindestens	Kontrolle	Sprinklerwart	CEA 4001
Sprinkleranlage, Nassanlage	nach 25 Jahren	Überprüfung	sachkundige Person einer VdS- anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Sprinkleranlage, Trockenanlage	nach 12,5 Jahren	Überprüfung	sachkundige Person einer VdS- anerkannten Errichterfirma	CEA 4001
Steigleitung nass und nass/trocken	jährlich	Wartung		DIN 14461-1
Steigleitung trocken	2 Jahre, mindestens	Wartung		DIN 14462-2
Über- und Unterflurhydranten	jährlich	Wartung		
Brandmelder (nicht zerstörungsfrei prüfbar); äußere Verbindungen von	jährlich	Inspektion	Elektrofachkraft oder sachkundige Person	VDE 0833-1
Türfeststellanlagen	monatlich	Überprüfung der Funktion	Betreiber	DIN 18089

Tabelle 2.4: Auflistung unterschiedlicher Wartungsintervalle für einige Instandhaltungsobjekte

2.9. Schadensklassen / Schadenscodes

Mithilfe von Schadensklassen / -codes können Schadensfälle über ein Schlüsselssystem aus vordefinierten Schadensbeschreibungen beschrieben und somit Klartextfrei von jedem Instandhaltungsmitarbeiter eindeutig verstanden werden. Dies ermöglicht eine rechnergestützte Auswertung, Schadensverfolgung und Behebung [Nävy, 2006].

Eine ausgiebige Recherche hat ergeben, dass es bisher keine vorgegebenen standardisierten Schadensklassen / Schadenscodes gibt für die Wartung und Instandhaltung von Brandschutzobjekten gibt. Da die Umsetzung der Wartung und Instandhaltung bisher in Verantwortung des Betreibers und

somit der von ihm beauftragen Fachfirma liegt und kein zwingend notwendiger Datenaustausch mit anderen Unternehmen bzw. Fachfirmen notwendig ist, war eine solche Standardisierung bisher nicht notwendig.

Seitens des Praxispartners Fraport (Frankfurter Flughafen) wird hierbei firmenweit mit eigenen standardisierten Schadensklassen / Schadenscodes gearbeitet. Tabelle 2.5 gibt einen Überblick über eine beispielhafte Auswahl der bei Fraport verwendeten Schadenscodes.

43003001	Bauliche Mängel
001	Bauseitige Rev.-öffnung nicht ausreichend
002	Bauseitige Rev.-öffnung fehlt / verdeckt
003	Revisionsöffnung in Decke falsch / fehlt
004	Einmörtelung nicht in Ordnung
43003002	Betriebliche Mängel
001	Funktion bei Bautyp nicht prüfbar
002	Keine bauaufsichtliche Zulassung
43003003	Technische Mängel
001	Aufhängung unzureichend
002	Schutzgitter fehlt
003	Flexibler Anschlussstutzen fehlt
004	Potentialausgleich fehlt
005	Allg. Kabel zu dicht an BSK (<100mm)
015	Klappendichtung defekt
016	Klappenblatt defekt
017	Endschalter nicht angeschlossen
43003004	Dokumentation
001	Brandschutzklappe ohne Mängel
002	Potentialausgleich hergestellt
003	Öffnungs-/ Schließfunktion hergestellt
004	Endschalter instandgesetzt
008	Schmelzlot erneuert
009	Beschr. Ungleich Plan / Schaltschrank
010	Mangel ohne Code (sonstige)
43003005	Umfeld BSK
001	Brandwand nicht geschlossen
002	Rohrschott nicht geschlossen
003	Kabelschott nicht geschlossen
ALLG-002	Allg. Code Brandschutz / Entrauchungsklappen
0001	Kein Zutritt
0002	Objekt nicht gefunden

0003	Objekt demontiert
0004	Transp. defekt / Wartung durchgeführt
0007	Kein Zutritt Deckenrevisionsöffnung fehlt
0008	Kein Zutritt Rohre / Klima / Kabelbahn
0009	Verstellt Einrichtungsgegenstände
0010	Kein Zugang gemäß UVV
0011	Kein Zugang durch L 90 Kanal

Tabelle 2.5: Auswahl an Schadensklassen / -codes bei Fraport

3. Navigation innerhalb von Gebäuden

3.1. Begriffserklärung Navigation

Wie in [Kreger, 2011] beschrieben, leitet sich der Begriff Navigation aus dem lateinischen Wort *navigare* ab, was „Steuern eines Schiffes“ bedeutet und heute nicht mehr nur in der Nautik verwendet wird. Navigation beinhaltet folgende drei Teilaufgaben:

- **Ortung:** Ermitteln der eigenen geographischen Position in einem vorgegebenen Koordinatensystem mit Hilfe einer entsprechenden Methode.
- **Wegberechnung:** Berechnung des optimalen Weges von einer bestimmten Position zu einem vorgegebenen Ziel.
- **Zielführung:** Führen einer Person in Richtung Ziel auf dem mittels Wegberechnung ermittelten Pfad. Bei Navigationshelfern steht hierbei das Führen des Steuerers bzw. der Person im Vordergrund und nicht das eigentliche Steuern (Ausnahme Autopilot).

Im Folgenden werden auf die drei Teilbereiche näher eingegangen und dabei Probleme und Lösungsansätze für die Nutzung im Indoor-Bereich aufgezeigt.

3.2. Ortung

Ortung bedeutet Positionsbestimmung und basiert meist auf Entfernungsmessungen zu bereits ortsbekanntem Punkten. Mittels Trilateration ist eine Bestimmung der eigenen Position i.d.R. recht einfach umsetzbar.

Vor etwa 6000 Jahren dienten Himmelskörper den Seefahrern als Bezugspunkte für die Berechnung ihrer eigenen Position. Neben der Long Range Navigation (LORAN), welche im zweiten Weltkrieg von der US-Navy entwickelt wurde und der heute teils noch verwendeten Nachfolgerversion LORAN-C gibt es heute vorwiegend eine Nutzung des Global Positioning Systems (GPS). Sowohl LORAN als auch GPS nutzen die Laufzeitmessung von elektromagnetischen Wellen (Funkwellen) zur Berechnung der Entfernung zu geographisch bekannten Punkten (Time of Arrival, TOA). Als Bezugspunkte werden hierbei Sendemasten in Küstennähe (LORAN) und Satelliten in der Erdumlaufbahn (GPS) genutzt. Übertragen werden hierbei mindestens die eigene Kennung und die Uhrzeit der Signalversendung.

Eine einfachere Technik zur Ortung stellt beispielsweise die zellbasierte Ortung (Cell of Origin (COO)) dar. Hierbei ist jedoch nur feststellbar, ob sich der Empfänger im Sendebereich (Zelle) eines Sendemasts (Basisstation) befindet. Je nach Sendeleistung und somit Ausbreitung der Signale kann sich eine Lokalisierung diesbezüglich sehr ungenau gestalten. Ist der Empfänger multisignalfähig (kann

er Signale von verschiedenen Basisstationen gleichzeitig empfangen), so kann in Überlappungsbereichen von Zellen eine Erhöhung der Genauigkeit erzielt werden.

Einige Systeme sind auf die Messung der Umlaufzeit (Round Trip Time of Flight, RTOF) ausgelegt, d.h. der zu ortende Sender antwortet unmittelbar auf das empfangene Signal, so kann mit Hilfe der Laufzeitmessung (hin und zurück) wiederum die Entfernung berechnet werden.

Neben der Messung der Signallaufzeit bietet die Messung der Signalstärke (Received Signal Strength, RSS) ebenfalls die Möglichkeit zur Ortung. Hierbei kann einerseits die Signalstärke aufgrund ihrer Abnahme zur Entfernungsmessung genutzt oder das empfangene Signalbild zu einem Vergleich mit zuvor während einer Erkundungsphase aufgezeichneten Signalbildern hinzugezogen werden [Zwinger, 2009].

3.2.1. Ortung in Gebäuden

Viele Forschungsprojekte, die sich mit der Indoor-Ortung beschäftigen, nutzen die Laufzeitmessung von elektromagnetischen Wellen. Hierzu bieten sich eine Reihe von Technologien an, die u.a. in [Zwinger, 2009] auf ihre Eignung untersucht wurden. Beispiele für diese Technologien sind GSM, WLAN, UWB und RFID.

[Kreger, 2011] beschreibt einige Probleme bei der Indoor-Ortung:

„Innerhalb von Gebäuden wird eine elektromagnetische Welle allerdings durch viele Faktoren beeinflusst. Zum einen dämpfen Gegenstände oder Wände die Funkverbindung ganz oder so stark, dass das Signal nicht mehr auswertbar ist. Zum anderen werden Funkwellen von verschiedenen Materialien, zum Beispiel Metallen, reflektiert, so dass das Funksignal nicht den direkten Weg sondern über einen Umweg am Empfänger ankommt. Dieses Signal ist dann nicht mehr für eine Entfernungsmessung zu gebrauchen, da man den tatsächlich zurückgelegten Weg des Signals nicht kennt. Ein weiteres Problem innerhalb von Gebäuden sind starke Störquellen, also Geräte die ebenfalls eine elektromagnetische Strahlung an die Umwelt abgeben. Hierbei spielen vor allem Fernseher und Monitore, aber auch Mikrowellengeräte und Starkstromleitungen eine große Rolle. Diese Störquellen können ein auszuwertendes Signal überlagern oder verfälschen.

Ohne die genannten Einflüsse wäre sogar eine Ortung innerhalb von Gebäuden mit Hilfe der GPS Satelliten möglich. Hier muss eine Technik entwickelt werden, um Funksignale besser auswerten und eindeutig falsche Signale zuverlässig erkennen und aussortieren zu können. In vergangenen Projekten wurde zudem festgestellt, dass sich für unterschiedliche Raumtypen mal die eine Technik besser eignet als eine andere. Daher geht man davon aus, dass das Problem der Indoor-Ortung sich nur zuverlässig mit Hilfe eines Multimethodenansatzes lösen lässt [Rüppel u. Stübbe, 2007]. Das heißt für jedes

Gebäude oder, bei Gebäuden mit sehr unterschiedlichen Nutzungen, jeden Raum, ergeben sich eine oder mehrere optimale Techniken, wobei die gleichzeitige Auswertung unterschiedlicher Techniken ein enormer Zugewinn an Genauigkeit bedeuten kann. Zudem sollte bestrebt werden möglichst vorhandene Techniken mit zu nutzen (wie zum Beispiel WLAN).“

Folgende Techniken wurden am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Rahmen von Forschungsprojekten bereits integriert.

3.2.2. Ortung mit WLAN

Wireless Local Area Network (LAN) ist eine Datenübertragungstechnik nach dem Standard der IEEE-802-11 Familie. Tabelle 3.1 stellt einige der WLAN Standards dar.

Standard	Frequenzbereich	Übertragungsrate
802.11	2,4 GHz	1 oder 2 MBit/s
802.11a	5 GHz	bis zu 54 MBit/s
802.11b	2,4 GHz	5,5/11/22 MBit/s
802.11g	2,4 GHz	bis zu 54 MBit/s
802.11n	2,4 und 5 GHz	bis zu 600 MBit/s

Tabelle 3.1: WLAN Standards [Kersken, 2010]

Im Jahr 2009 wurde WLAN als Ortungstechnik am IIB für die Führung von Feuerwehkräften bei einem Einsatz erforscht und auf die Einsetzbarkeit geprüft [Zwinger, 2009].

Ortungsverfahren

Die WLAN Ortung nutzt vorhandene Basistationen (WLAN Access Points) zur Positionierung. Hierfür stehen vor allem die beiden Verfahren Triangulation der Signalstärken und das Fingerprintverfahren zur Verfügung. Am IIB wurden diese beiden Systeme untersucht. Hierbei wurde eine Genauigkeit von 1 bis 3m erreicht [Rüppel u. Stübbe, 2007].

Vorteile

- Relativ kostengünstige Hardware
- Nutzung bereits vorhandener Geräte
- Akzeptable Genauigkeit von wenigen Metern beim Fingerprintverfahren (vgl. [Rüppel u. Stübbe, 2007] und [Zwinger, 2009])

Nachteile

- Keine zuverlässig konstante Signalstärke einiger AccessPoints
- Überlappung von Frequenzen

3.2.3. Ortung mit UWB

Ultra Wide Band (UWB) besitzt seitens der UWB-Signale ein sehr niedriges Leistungsdichtespektrum. Dieses ist niedriger als das Hintergrundrauschen und wird von Eingangsfiltern schmalbandiger Systeme herausgefiltert, was wiederum zu vernachlässigbaren Störungen führt. Durch die Bandbreite von mehreren GHz lassen sich somit Signale mit extrem hoher Leistung übermitteln. Abbildung 3.1 stellt das UWB-Prinzip und das damit verbundene Leistungsdichtespektrum dar.

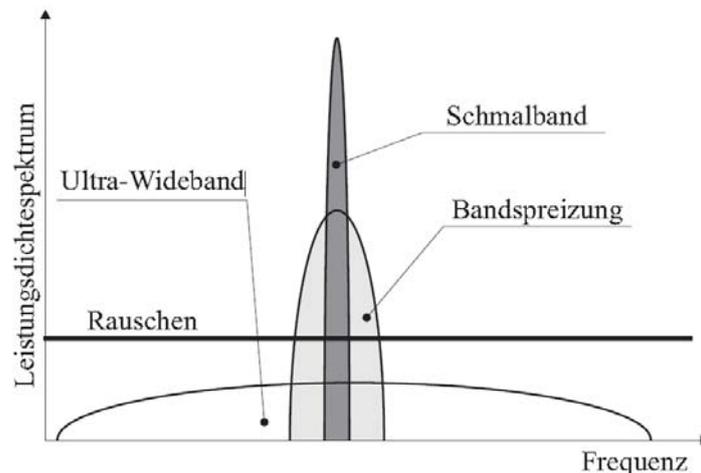


Abbildung 3.1: Das UWB-Prinzip [Eisennacher, 2006]

Die Gebrauchstauglichkeit von UWB als Ortungssystem für den Einsatz bei Feuerwehreinsätzen wurde in [Zwinger, 2009] untersucht.

Ortungsverfahren

Das von der Firma Ubisense⁸ entwickelte kommerzielle Ortungssystem arbeitet beispielsweise mit Sensoren, die für jede Raumdimension (3) eine gerichtete Antenne besitzen. Die Sensoren müssen für die Ortung jeweils an den Ecken des Überwachungsbereiches montiert werden. Sie berechnen mithilfe der Eingangswinkel der ankommenden Signale (Angle of Arrival, AOA) den entsprechenden dreidimensionalen Standort des zu ortenden aktiven Senders [Zwinger, 2009].

⁸ <http://www.ubisense.net>

Vorteile

- Gute Durchdringbarkeit von vielen Materialien
- Geringe Störeinflüsse durch große Signalbandbreite und hohe Sendeleistung
- Gute Skalierbarkeit des Systems
- Hohe Genauigkeit des Systems (bis zu 15 cm)

Nachteile

- Hoher Aufwand an zu installierender Infrastruktur
- Bestehende Netzwerkinfrastruktur kann nicht mitbenutzt werden

3.2.4. Ortung mit RFID

RFID ist die Abkürzung für Radio Frequency Identification, also die Identifikation durch Radiowellen. Das grundlegende System besteht aus den zwei Komponenten RFID-Lesegerät und Transponder (siehe Abbildung 3.2).

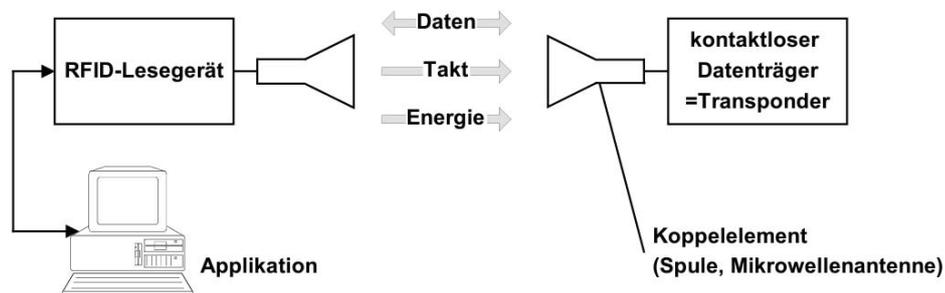


Abbildung 3.2: Grundbestandteile eines RFID-Systems [Finkenzeller, 2008]

Mittels Lesegerät können die im Speicher eines Transponders hinterlegten Daten kontaktlos ausgelesen werden. Hierzu erzeugt das Lesegerät Radiowellen, deren Energie in der Regel ausreicht, um passive Transponder für einen kurzen Augenblick mit Strom zu versorgen. Der passive Transponder nutzt die Energie und sendet ein Antwortsignal mit den entsprechenden Daten zurück. Aktive Transponder hingegen besitzen eine eigene Energiequelle, die sie zum Antworten nutzen. Weiterhin wird diese benötigt, wenn der Transponder zusätzliche Aufgaben (z.B. Blink-LED, Temperaturmessung usw.) ausführen soll.

Transponder lassen sich neben der Speichergröße und Energieversorgung noch anhand ihrer Datenübertragungsart (Halb- und Vollduplex oder Sequentiell) und ihrer Arbeitsfrequenz unterscheiden.

Eines der Hauptanwendungsgebiete von RFID-Systemen sind bisher die Warensicherungssysteme in Kaufhäusern (EAS – electronic article surveillance). Transponder werden hierbei gegen Diebstahl von Waren genutzt. Anhand ihres Zustandes 1 (aktiv) oder 0 (nicht aktiv) kann das RFID-Lesegerät am Ausgang erkennen, ob die Ware bezahlt wurde. Die hierfür genutzten passiven Transponder werden als Massenprodukt zum Bruchteil von einem Cent hergestellt und verbleiben nach Kauf meistens als Klebestreifen auf der Ware.

Weitere Anwendungsgebiete von RFID-Transpondern sind u.a. Bezahlungssysteme mit Chipkarte z.B. in Kantinen, ÖPNV-Tickets usw. aber auch der neue Personalausweis der Bundesrepublik Deutschland (2011). Weitere Nutzung findet in der Warenwirtschaft statt, in der Fertigungsprozesse auf den Transpondern dokumentiert (Produktlebenslauf) oder Warenein- und -ausgänge schneller erfasst werden können.

Ortungsverfahren

Für die Ortung mittels RFID gibt es unterschiedliche Ansätze. Einerseits kann auf einfache Art und Weise eine zellbasierte Ortung mittels im Gebäude verteilter RFID Transponder (Tags) durchgeführt werden (Ortung von Lesegeräten). Hierbei bewegt sich eine Person mit einem mobilen Lesegerät und empfängt die einzelnen Tags. Durch vorherige Hinterlegung der Positionsangaben der Tags in einer Datenbank und Abruf derer nach Empfang einer Tag-ID, kann die Position der Tags aufgelöst werden.

Alternativ kann die Position auch direkt auf den Speicherchip der Tags abgelegt werden. Das zu ortende Objekt muss hierbei ebenfalls mit einem Lesegerät (z.B. PDA mit entsprechender Zusatztechnik) ausgelesen werden.

Eine weitere Art der Positionsbestimmung wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts auf seine Eignung für Indoor-Ortung überprüft (Ortung von Transpondern). Weitere Angaben hierzu sind in Kapitel 3.5 zu finden.

Vorteile

- Geringer Installationsaufwand in praktisch jeder Umgebung
- Geringer Energieverbrauch der Tags
- Nutzung in stromloser Umgebung möglich

Nachteile

- Je nach Arbeitsfrequenz unterschiedlich gute Durchdringbarkeit von Materialien
- Teilweise starke Reflexionen an Wänden, Böden und Decken
- Keine bestehende Infrastruktur nutzbar, Hardware herstellerabhängig

3.3. Wegberechnung

Die Wegberechnung bildet die Basis für eine spätere Navigation. Es werden hierbei ein oder mehrere Wege zwischen der eigenen Position und einem Zielpunkt ermittelt. Grundsätzlich wird für die Ermittlung der Wege und der späteren Navigation ein geeignetes Koordinatensystem benötigt. Herkömmliche Navigationssysteme benutzen Weltkoordinatensysteme, wie das World Geodetic System 1984 (WGS84), oder lokale Systeme, wie das Gauß-Krüger-Koordinatensystem. Es wird hierbei vor allem zwischen metrischen und radialen Systemen unterschieden. Aufgrund der asymmetrischen Erdkrümmung können beispielsweise metrische Systeme nur auf hinreichend kleinen Gebieten genutzt werden.

Für die Indoor-Navigation ist aufgrund der geringen zu betrachtenden Fläche ein metrisch unabhängiges System sinnvoll. Hierfür bietet sich ein gebäudespezifisches lokales Koordinatensystem an, das beispielsweise über eine Gebäudeecke entsprechend auf andere geodätische Koordinatensysteme referenziert werden kann.

Grundlage für die Wegeberechnung ist ein Wegegraph, der alle benutzbaren Wege auf Basis des Gebäudegrundrisses mit Angaben zu Wänden, Türen usw. beinhaltet. Es handelt sich hierbei um ein Netz aus Knoten (Nodes) und Kanten (Edges), über das mit Hilfe geeigneter Algorithmen Pfade von einem beliebigen Punkt im Wegenetz zu einem weiteren beliebigen Punkt berechnet werden können. Im Folgenden werden Wegenetze und deren Erstellung näher erläutert.

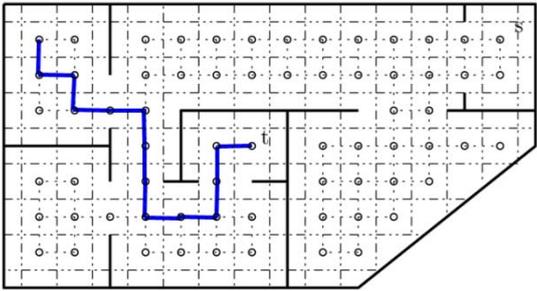
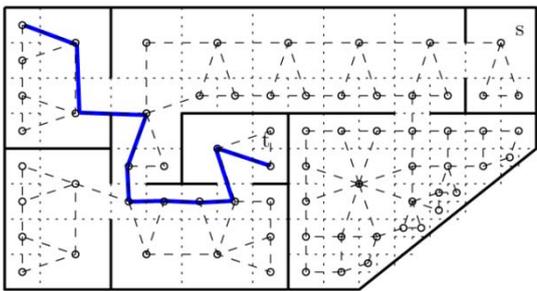
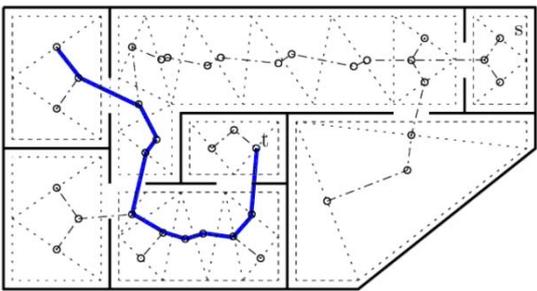
3.3.1. Wegenetz

Wegenetze können sehr einfach, aber arbeitsaufwendig manuell mit Hilfe einer CAD-Software erstellt werden. Hierbei setzt man zunächst die Punkte in einen Grundriss, die erreicht werden sollen und verbindet diese Punkte mit Kanten, die als Wege innerhalb des Gebäudes zu gebrauchen sind [Kreger, 2011].

[Portenlänger, 2008] beschreibt ein automatisiertes Verfahren, um aus einem digitalen Gebäudemodell ein routingfähiges Wegenetz zu entwickeln. Hierbei bestand vor allem die Herausforderung darin, ein

Netz zu generieren, das aus wenigen Knoten und Kanten besteht, aber dennoch annähernd die euklidisch kürzesten Wege liefert. Tabelle 3.2 stellt die untersuchten und getesteten Verfahren dar.

Hinsichtlich des Aufwands der softwaretechnischen Umsetzung und der zur Laufzeit notwendigen Rechenzeit lieferte das aus der konstruktiven Geometrie [Klix, 2001] bekannte Straight-Skeleton-Verfahren die besten Ergebnisse.

Name	Graphisches Beispiel	Bewertung
Gleichmäßige Rasterung		Netz: 77 Knoten 91 Kanten Route: 14 Knoten 13 Kanten
Quadrees		Netz: 69 Knoten 104 Kanten Route: 11 Knoten 10 Kanten
Delaunay-Triangulierung und Voronoi-Diagramm		Netz: 38 Knoten 37 Kanten Route: 12 Knoten 11 Kanten

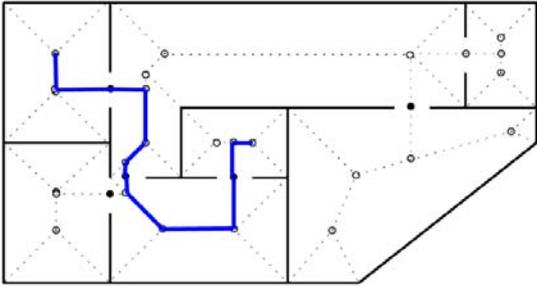
Straight Skeleton		Netz: 31 Knoten 32 Kanten Route: 13 Knoten 12 Kanten
----------------------	--	---

Tabelle 3.2: Methoden zur automatischen Routennetzgenerierung [Portenlänger, 2008]

3.3.2. Algorithmen zur Berechnung des kürzesten Pfades

Die einfachste Möglichkeit den kürzesten Pfad in einem Graphen zu ermitteln, ist die Berechnung aller möglichen Pfade (Brute-Force Ansatz) in Kombination mit einem anschließenden Vergleich. Hierbei nimmt die Komplexität jedoch bei sehr vielen Kanten stark zu, so dass das Problem mit einfachen Mitteln nicht mehr in einer angemessenen Zeit berechnet werden kann. Hierzu gibt es Heuristiken, mit denen das Gesamtproblem auf relevante Teilprobleme reduziert und somit nicht relevante Teilprobleme ignoriert werden können. Das Selektieren der Teilprobleme geschieht bei der Heuristik durch die Berücksichtigung von Erfahrungswerten [Rimscha, 2010].

Im Bereich der Routenberechnung sind vor allem zwei heuristische Algorithmen zu nennen:

- (1) Dijkstra-Algorithmus
- (2) A*-Algorithmus

Näheres hierzu ist [Kreger, 2011] zu entnehmen.

3.3.3. Traveling Salesman Problem

Oftmals stellt sich das Problem bei der Wegberechnung, dass nicht nur der kürzeste Weg zwischen einem Anfangs- und Endpunkt gesucht wird, sondern dass mehrere Zielpunkte vorliegen, die im Rahmen einer Rundreise abgelaufen werden sollen. Hierbei spricht man vom sogenannten Traveling Salesman Problem (TSP). Praktisch vorstellbar ist es das Problem eines Handelsreisenden, der auf einer Landkarte den kürzesten Weg zu beliebig vorgegebenen Städten finden will, ohne eine Stadt mehrfach zu besuchen. Um dieses Problem zu lösen, können nicht mehr nur die kürzesten Pfade zwischen den einzelnen Knoten betrachtet werden, sondern jegliche Verbindungen zwischen allen

Knoten. In der Mathematik spricht man von einem NP-schweren Problem. Die Komplexität von NP-schweren Problemen steigt bei zunehmender Dimension bestenfalls exponentiell.

[Kreger, 2011] beschreibt das Problem wie folgt: „Bei n Städten vom Ausgangspunkt sind $(n-1)$ Wege möglich. Im nächsten Schritt sind es $(n-2)$ Möglichkeiten usw. Es gibt also insgesamt $(n-1)!$ Möglichkeiten die Städte nacheinander zu besuchen [Rimscha, 2010]. Unter der Annahme, dass es sich um ein symmetrisches Problem handelt, also die Wege zwischen AB und BA gleich lang sind, brauchen nur die Hälfte der Wege berechnet werden. Das Problem reduziert sich dann zu $\frac{1}{2}(n-1)!$ Möglichkeiten.

Ein Brute-Force Ansatz kann schon bei wenigen Städten nicht mehr in angemessener Zeit berechnet werden. Tabelle 3.3 zeigt die Anzahl der möglichen Rundreisen bei bis zu 16 Städten und der jeweiligen Berechnungszeit, wenn man davon ausgeht, dass ein Computer für die Berechnung von einer Rundreise eine Millisekunde benötigt.“

Anz. Städte [n]	mögl. Rundreisen [$\frac{1}{2}(n-1)!$]	Berechnungszeit
3	1	1 Millisekunden
4	3	3 Millisekunden
5	12	12 Millisekunden
6	60	60 Millisekunden
7	360	360 Millisekunden
8	2.520	2,5 Sekunden
9	20.160	20 Sekunden
10	181.440	3 Minuten
11	1.814.400	30 Minuten
12	19.958.400	5,5 Stunden
13	239.500.800	2,8 Tage
14	3.113.510.400	36 Tage
15	43.589.145.600	1,3 Jahre
16	653.837.184.000	20 Jahre

Tabelle 3.3: Berechnungszeiten des TSP bei einem Brute-Force Ansatz

Um in angemessener Zeit gute Ergebnissen berechnen zu können, müssen auch beim TSP Heuristiken genutzt werden. In der Vergangenheit wurden viele Algorithmen entwickelt, die mehr oder weniger qualitativ gute Ergebnisse, in unterschiedlichen Berechnungszeiten und mit unterschiedlichem

Implementierungsaufwand liefern. Die Qualität der jeweiligen Lösung kann jedoch bestenfalls abgeschätzt werden [Krause, 2009].

Im Folgenden werden nur drei Verfahren genannt, denen jeweils unterschiedliche heuristische Ansätze zu Grunde liegen.

(1) Nearest-Neighbor-Heuristik.

Hierbei werden von einem Knoten aus, immer die Knoten besucht, deren Entfernung am Kürzesten ist und aus der Liste der zu besuchenden Knoten gestrichen. Das Verfahren liefert eine sehr gute Lösung, wenn es nicht um eine Rundreise handelt, bei der man zum Ausgangspunkt zurückkehren muss, da der letzte Weg zum Ausgangspunkt nicht betrachtet wird und zum Schluss akzeptiert werden muss [Krause, 2009].

(2) Simulated Annealing

Diese Heuristik basiert auf den Erkenntnissen des kontrollierten Erhitzens und Abkühlens von Metall in der Werkstoffkunde, um dessen Güte zu verbessern.

Im Gegensatz zur Nearest-Neighbor-Heuristik können bereits gefundene Lösungen nachträglich durch eine bessere Lösung ersetzt werden. Hierbei wird unter wahrscheinlichkeitstheoretischen Gesichtspunkten entschieden, ob der existierende Vorschlag gegen einen neuen auszutauschen ist [Krause, 2009]. Der iterative Prozess wird durch ein vorgegebenes Abbruchkriterium beendet, also einer Bedingung, ab wann eine Lösung hinreichend gut ist und weitere eventuell bessere Lösungen nicht mehr berechnet werden [Kreger, 2011].

(3) Ameisenalgorithmus

Eine mathematische Umsetzung der in der Natur zu beobachtenden Schwarmintelligenz. Am Beispiel von Ameisen, die auf der Suche nach Futter sind, kann man beobachten, dass nach einer gewissen Zeit alle Ameisen einer Kolonie sich auf dem gleichen kürzesten Pfad zur Futterstelle bewegen. Ameisen hinterlassen auf den zurückgelegten Pfaden eine Duftspur (Pheromon), die nach und nach ihre Intensität verliert. Je öfter ein Pfad benutzt wird, desto intensiver ist die Pheromonspur und desto wahrscheinlicher folgt eine andere Ameise dieser Spur. Die Ameisen lernen also mit dem Fortschritt der Futtersuche dazu und das „Futterwegproblem“ endet mit einer sehr guten Lösung [Kreger, 2011].

3.4. Zielführung

Es handelt sich hierbei um das Führen einer Person zum Zielpunkt und das Halten auf dem zuvor berechneten Weg. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, unterstützen moderne Navigationssysteme Personen

bei der Wegfindung zum Zielpunkt und steuern nicht selbsttätig das Ziel an. Eine Ausnahme bilden hierbei Autopilotensysteme.

Während der Führung muss eine stetige Überwachen des Kurses und somit der aktuellen Position erfolgen. Bei einer Abweichung der aktuellen Position zum berechneten Weg muss gegebenenfalls der Weg neu berechnet werden.

Das Führen selbst sind Informationen an den zu Führenden über die Wegführung der vor ihm liegenden Strecke. Diese Informationen können akustisch und / oder visuell übermittelt werden und beinhalten Angaben zu der vorliegenden Gesamtstrecke (z.B. Länge und kalkulierte Zeit bis zum Erreichen des Ziels) sowie vorausschauende Anweisungen, die beim Erreichen des nächsten Knotens befolgt werden müssen, um auf dem berechneten Weg zu bleiben (z.B. „An der nächsten Kreuzung rechts abbiegen!“) [Kreger, 2011].

3.5. Ortungssystem INTELLIFIND^{RTLS}

3.5.1. Aufbau und Funktionsprinzip des Systems

Im Rahmen der ersten Phase des Forschungsprojektes wurde ein Multimethodenansatz zur Indoor-Ortung basierend auf WLAN-, UWB- und RFID-Ortung entwickelt. Die erstellte Indoor-Navigations-Integrationsplattform (InNavI) wird im Rahmen der zweiten Phase um ein weiteres Indoor-Ortungssystem ergänzt.

Mithilfe festinstallierter, im Ortungsraum verteilter Lesegeräte bietet das neu zu ergänzende Ortungssystem eine Möglichkeit zur Lokalisierung von mobilen Transpondern. Die Firma Identec Solutions vertreibt ein solches System unter dem Namen INTELLIFIND^{RTLS} (Real-Time Locating System), das in der Produktlinie Intelligent Long Range (ILR) angegliedert ist [Identec, 2011].

Dieses System ist bisher überwiegend im Outdoor-Bereich eingesetzt worden. Hierbei dient es beispielsweise zur PKW-Ortung auf großen Parkplätzen oder zur Ortung von Paletten in Warenlagern. Für den Einsatz zur Ortung von sich bewegenden Personen im Indoor-Bereich existieren derzeit nur wenige Erfahrungen.

Das INTELLIFIND^{RTLS} Ortungssystem umfasst folgende Komponenten (siehe Netzwerkdiagramm in Abbildung 3.8) [Kreger, 2011]:

(1) RFID-Lese-/Schreibgeräte

Das INTELLIFIND^{RTLS} kennt zwei Arten von Lesegeräten, die je nach Aufgabe auf unterschiedlichen Frequenzen arbeiten.

a. Referenzknoten

Frequenz: 2400-2485 MHz (ISM)

Reichweite: Bis zu 300m (laut Hersteller im Freien und mit Sichtverbindung)

Die Referenzknoten sind fest installierte und im Ortungsraum eingemessene RFID-Lesegeräte:

- i-SAT 300 RTLS (Abbildung 3.3)
- i-PORT M 350 RTLS (Abbildung 3.4)

b. **Lese-/Schreibereinheit**

Frequenz: 868MHz (UHF)

Reichweite beim Lesen: Bis zu 500m

Reichweite beim Schreiben: Bis zu 250m

(Jeweils laut Hersteller im Freien und mit Sichtverbindung)

Die Lese-/Schreibereinheit, i-PORT (Abbildung 3.4), empfängt die Ergebnisse von Distanzmessungen der Transponder und leitet sie an die Serversoftware weiter. Die Geräte sind per Kabel mit dem lokalen Datennetzwerk verbunden.

Da jedes dieser Geräte gleichzeitig auch ein Referenzknoten darstellt, besitzen sie zwei Antennen.



Abbildung 3.3: i-SAT 300 RTLS



Abbildung 3.4: i-PORT M 350 RTLS

(2) **RFID-Transponder (Tag)**

Die RFID-Transponder, i-Q350 RTLS (Abbildung 3.5), sind aktive Transponder (mit eigener Stromversorgung), die Distanzinformationen zu Referenzknoten (i-SAT) sammeln und diese

Daten dann an einen i-PORT übermittelt. Die Transponder besitzen einen Speicherchip auf dem eine eindeutige ID und verschiedene Einstellungsparameter gespeichert sind. Zudem können 10.000 Bytes für systemspezifische Informationen genutzt werden. Ausgelesen und beschrieben wird der Speicher mittels i-PORT. Die im Tag verbaute 360° sichtbare LED lässt Transponder eindeutig optisch identifizieren.



Abbildung 3.5: Transponder i-Q350 RTLS

(3) Software Server (Position Server)

Der Position Server stellt die softwaretechnische Zentraleinheit dar und beinhaltet einen Webservice / Webportal, ein Dienstprogramm und eine Datenbank.

Administriert wird der Position Server über das Webportal, über das auch eine Kartenansicht und diverse Diagnosetools und Statusinformationen abrufbar sind. Abbildung 3.6 zeigt die Kartenansicht des Position Servers im Webbrowser. Die in der Kartenansicht verwendeten Symbole sind in Tabelle 3.4 aufgelistet.

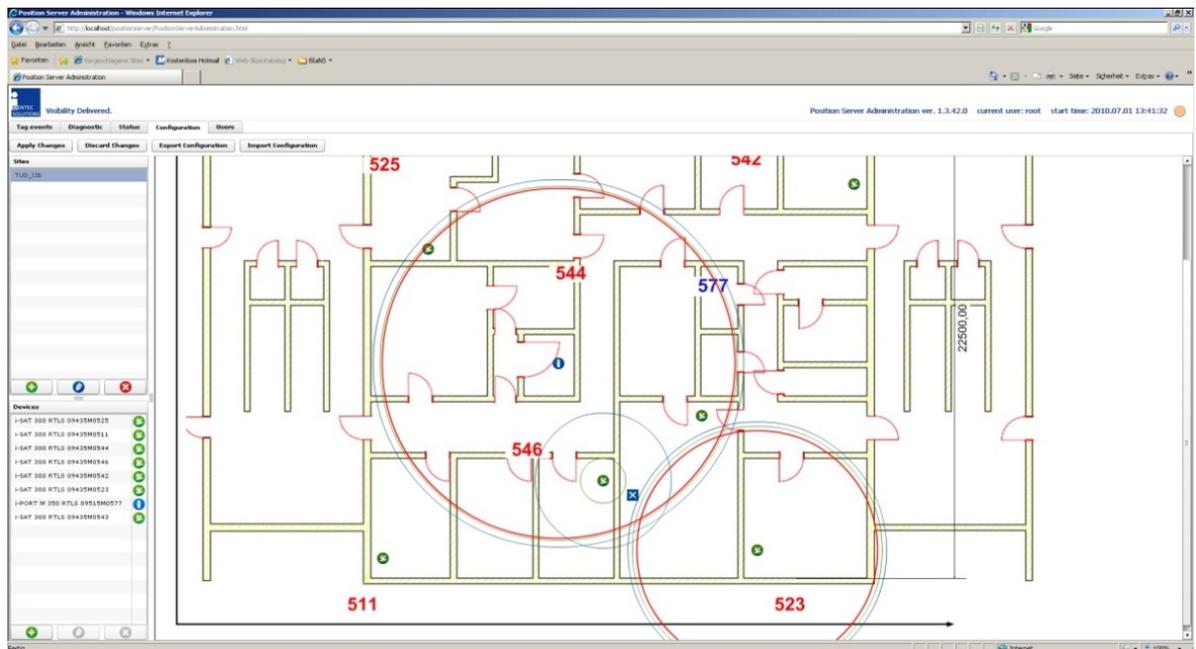


Abbildung 3.6: Position Server Backend

	i-PORT M 350 RTLS
	i-SAT 300 RTLS
	i-Q350 RTLS (georteter Tag)

Tabelle 3.4: Kartensymbole des Position Servers

[Kreger, 2011] beschreibt den Ablauf der Ortung wie folgt: „Die Ortung eines Tags geschieht in fünf Schritten. Zunächst setzt der Tag einen Broadcast (Rundruf) ab, auf den alle Referenzknoten mit ihrer ID antworten, die das Broadcastsignal empfangen haben. Der Tag speichert dann die empfangenen Referenzknoten in einer internen Liste ab und beginnt mit der Distanzmessung. Die Messungen werden nacheinander für jeden Referenzknoten getrennt und jeweils zweimal durchgeführt. Die erste Messung startet der Tag selbst und die zweite Messung wird durch den Referenzknoten initiiert. Sind beide Messungen plausibel, wird der Vorgang mit allen weiteren i-SATs in der Liste vollzogen. Nachdem alle Distanzmessungen beendet wurden, sendet der Tag die Messergebnisse an einen i-PORT. Dieser ruft den Webservice des Position Servers auf und übergibt ihm die gemessenen Entfernungen. Daraufhin berechnet die Server Software mittels Triangulation die Position des Tags im Ortungsraum und speichert das Resultat in einer Datenbank ab. Das in Abbildung 3.7 dargestellte Sequenzdiagramm verdeutlicht den Ablauf der Distanzmessungen unter Berücksichtigung der Signallaufzeiten bei unterschiedlich weit entfernten i-SATs.

Der zeitliche Abstand zwischen den Messungen kann in den Tags individuell eingestellt werden. Außerdem erkennt ein Transponder, ob er sich gerade bewegt oder sich in einem Ruhezustand befindet. Wechselt der Zustand von Bewegung in Ruhe, löscht der Tag die Liste mit den Referenzknoten und startet einen neuen Rundruf.

Der Tag kann zudem so eingestellt werden, dass während einer längeren Bewegungsphase ebenfalls Broadcasts abgesetzt und Entfernungsmessungen durchgeführt werden.“

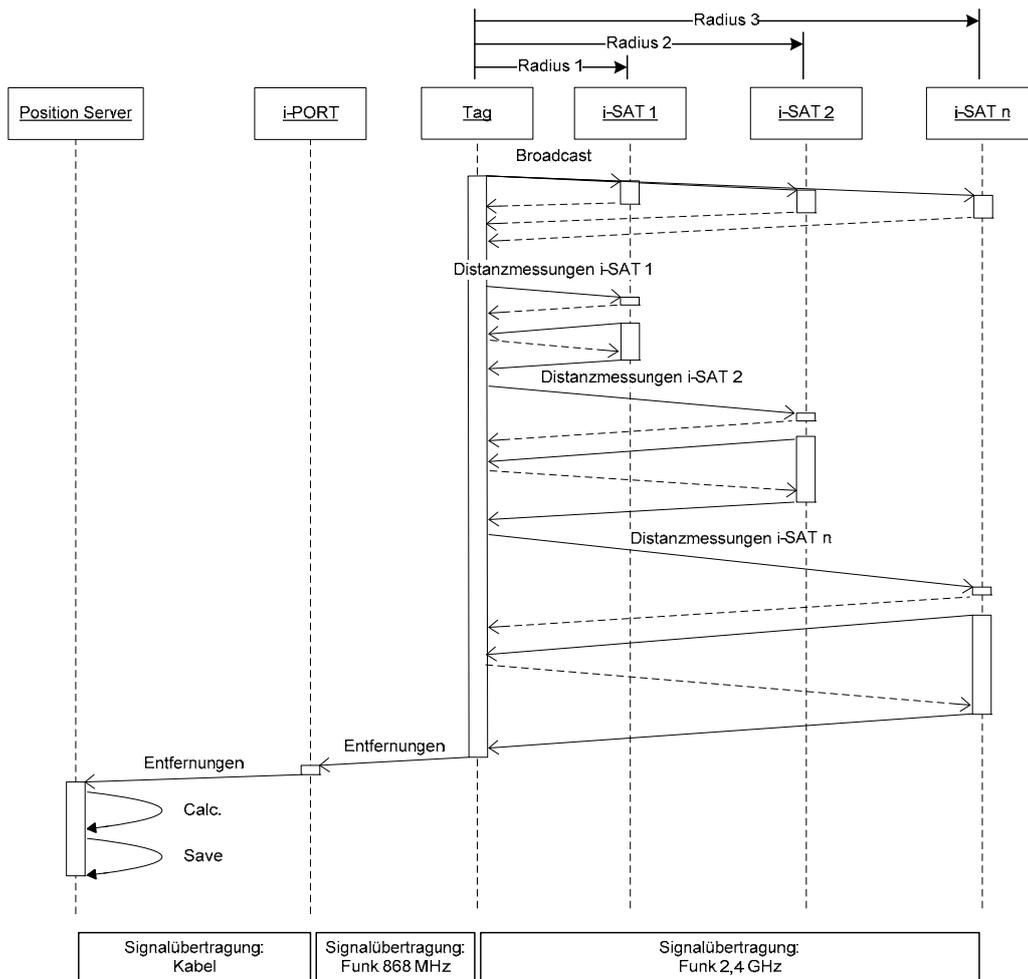


Abbildung 3.7: Sequenzdiagramm einer Distanzmessung des INTELLIFIND^{RTLS} Ortungssystems

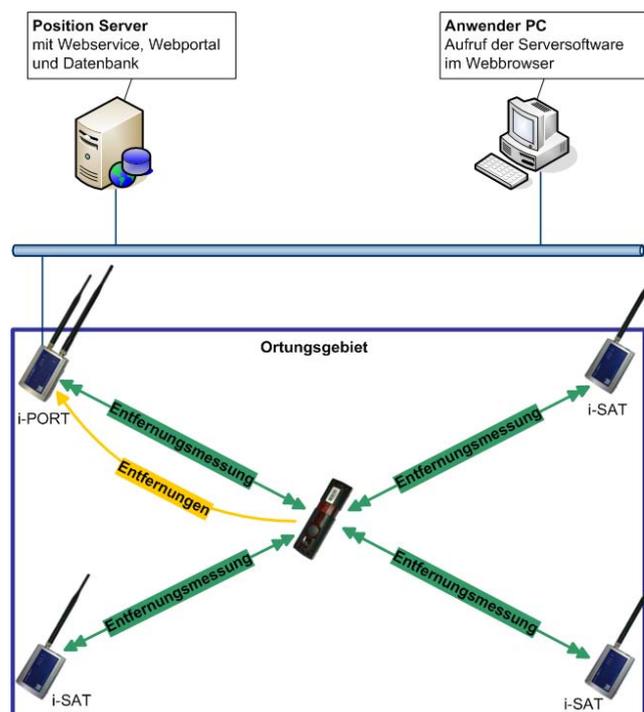


Abbildung 3.8: Netzwerkdiagramm INTELLIFIND^{RTLS}

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird das neue System für den Einsatz in verschiedenen räumlichen Umgebungen für statische und dynamische Objekte (sich bewegende Personen) getestet, in die bestehende Plattform eingebunden und mittels unterschiedlicher Anwendungsszenarien evaluiert.

3.5.2. Optimierungsversuche bei der Bezugspunktefindung

Im Verlauf der Testdurchführungen des INTELLIFIND^{RTLS} Ortungssystems am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen wurden unterschiedliche Konstellationen der Anordnung der Referenzknoten untersucht. Ein erster Versuch mit symmetrischer Anordnung (siehe Abbildung 3.9) stellte sich nach einigen Ortungsversuchen als ungünstig heraus.

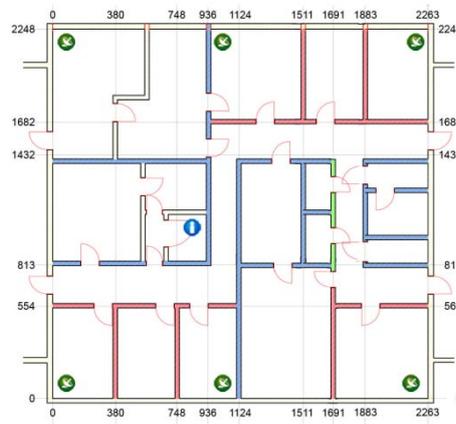


Abbildung 3.9: Symmetrisch verteilte Referenzknoten

Als problematisch stellte sich hierbei heraus, dass nicht die gesamte Fläche abgedeckt werden konnte und gleichzeitig teilweise sehr starke Abweichungen mit bis zu 10m und mehr zwischen berechnetem und tatsächlichem Standort der Tags auftraten. Im Rahmen weiterer Untersuchungen wurden die Anordnung der Referenzknoten und deren Reichweiten durch Anpassen der Signalstärke so verändert bis annehmbare Ergebnisse der Ortungen zu verzeichnen waren.

Als problematisch stellte sich bei den Untersuchungen auch das Positionieren von Referenzknoten in langen Gängen, wie Fluren, heraus. Hierbei wurden viel zu große Entfernungen gemessen, wenn sich der Tag ebenfalls im gleichen Gang befand. Daraus konnte die Hypothese von der Existenz eines „Tunneleffekts“ abgeleitet werden. Weiterhin war der Einfluss verschiedener Baustoffe, die die Signale teilweise durchdringen mussten, erkennbar. Hierbei entstehen neben Reflexionen auch Signaldämpfungen, die die Entfernungsmessung beeinflussen.

3.5.3. Versuche zur Ermittlung verschiedener Messwerteeinflüsse

Zur Optimierung der Ortung in den Räumlichkeiten des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen an der TU Darmstadt wurden einige Versuche geplant und durchgeführt:

1. Referenzmessung im freien Feld
2. Messung zum Nachweis der Existenz eines „Tunneleffekts“ in einem schmalen Kellergang
3. Messungen durch unterschiedliche Materialien hindurch

Entsprechende Ergebnisse sind [Kreger, 2011] zu entnehmen.

3.5.4. Beurteilung des Ortungssystems

Das Ortungssystem INTELLIFIND^{RTLS} von Identec Solutions wurde in [Kreger, 2011] anhand der benötigten Infrastruktur, dem Installationsaufwand und der bei den Versuchen gewonnenen Messergebnisse wie folgt bewertet:

„Die Infrastruktur des INTELLIFIND^{RTLS} Ortungssystems besteht aus Referenzknoten, Lese-/Schreibeinheiten und einer Serversoftware. Die Anzahl der Referenzknoten ist abhängig von der abzudeckenden Fläche und der Anzahl von störenden Bauteilen. Im Gegensatz zu dem bereits im Forschungsprojekt „Kontextsensitives RFID-Gebäude-Leitsystem“ erprobten RFID-Ortungssystem kann das hier behandelte System nicht durch die Anzahl der Tags, sondern der Referenzknoten skaliert werden. Diese Tatsache spiegelt sich allerdings bei großen Flächen im Anschaffungspreis wieder, da Referenzknoten (RFID-Lese-/Schreibgeräte) wesentlich teurer sind als Tags.

Die Installation des Systems kann, je nach vorhandener Umgebung (Störeinflüsse) relativ zügig ausgeführt werden. Sie beinhaltet das Positionieren der Referenzknoten und die Installation der Serversoftware auf einem Server, der sich im gleichen Netzwerk befindet, wie der (die) i-PORT(s). Innerhalb der Administration des Systems müssen die Referenzknoten mit der Angabe der relativen Position im Gebäude angelegt werden. Ein positiver Aspekt ist die Möglichkeit, die Serversoftware an externe Anwendungen zu binden. Hierbei kann zum Beispiel nach einer erfolgreichen Lokalisierung ein externer Webservice aufgerufen oder durch Aufruf des in der Serversoftware integrierten Webservices ein Tag zum Blinken gebracht werden.

Bei der Beurteilung der Messergebnisse muss an dieser Stelle festgehalten werden, dass aufgrund des zeitlich begrenzten Rahmens und den zur Verfügung stehenden technischen Mitteln, die Messwerte nur einen Anhaltspunkt geben können. Eine genaue Analyse der Signalreflexionen und Signaldämpfungen müssten in einer ungestörten Laborumgebung wiederholt werden. Bereits 1997 untersuchte das National Institute of Standards and Technology in den USA verschiedene Materialeinflüsse auf elektromagnetische Signale [NIST, 1997]. Hierbei wurden verschiedene

Bauelemente wie Ziegelsteinmauer, Betonwand, Glasscheibe usw. in einer Laborumgebung untersucht. Die Versuche wurden mit Signalen auf den Frequenzen 0,5 bis 2,0 GHz und 3,0 bis 8,0 GHz durchgeführt.

Die hier durchgeführten Versuche können aber zur oberflächlichen Beurteilung des INTELLIFIND^{RTLS} herangezogen werden, da durchaus plausible Messergebnisse erzielt wurden. Die Messung im freien Feld ergab widererwartend mit 8,34m einen zu geringen Wert zu der realen Entfernung von 10m. Betrachtet man sich allerdings die Ergebnisse der Versuche, bei denen mit einem längeren Signalweg, aufgrund von Reflexionen und Dämpfungen, gerechnet werden konnte, so ist der Wert der freien Messung der geringste, was wiederum zu erwarten war. Anhand der ermittelten Messwerte und der getroffenen Definition, dass es sich bei der Messung im freien Feld um den tatsächlichen Referenzwert handelt, wurden mit der Versuchsreihe die in den vorherigen Kapiteln aufgestellten Vermutungen bestätigt.

Demnach sollten

- Referenzknoten wegen der Entstehung zu starker Reflexionen möglichst in größeren Räumen installiert werden,
- Messungen durch dicke Betonwände und Doppelglasscheiben möglichst vermieden werden.

Gerade letzteres kann man umgehen bzw. das Ergebnis verbessern, indem man in der Nähe solcher Bauteile zusätzliche Referenzknoten anordnet.

Fazit

Das INTELLIFIND^{RTLS} Ortungssystem ist durchaus zum Lokalisieren von Personen in Gebäuden geeignet. Wegen der Störempfindlichkeit der Frequenzen, mit denen die Distanzmessung durchgeführt wird, ist das System jedoch zurzeit noch nicht ausreichend für den Einsatz in Gebäuden mit vielen kleineren Büros geeignet. Eine akzeptable Genauigkeit in einer solchen Umgebung könnte eventuell durch eine Berücksichtigung der durchdrungenen Materialien verbessert werden. Hierzu müsste ein Material-Koeffizient gefunden werden, der mit der Bauteildicke einen Verbesserungsfaktor für die Laufzeitmessung darstellt.

In großen Hallen ist das INTELLIFIND^{RTLS} jedoch sehr gut einsetzbar. Mit vier Referenzknoten kann theoretisch eine quadratische Fläche von bis 300m x 300m (Reichweite der Distanzmessung: 300m) abgedeckt werden. Zudem ist das System durch Ergänzung weiterer Referenzknoten sehr gut skalierbar.“

4. Systementwurf

4.1. Anforderungen

Für die Erstellung einer laufzeitbasierten Indoor-Navigations-Applikation zur Wartung von Brandschutzeinrichtungen ist eine genaue Analyse der Anforderungen notwendig. Neben den gesetzlichen und normativen Anforderungen an Wartungs- und Inspektionsleistungen und deren Dokumentation müssen auch die speziellen Bedürfnisse der späteren Anwender untersucht werden. Im Folgenden soll zunächst ein Grundgerüst der Anforderungen und Anwendungsfälle zusammengetragen und zu einem späteren Zeitpunkt genauer erörtert werden.

Gesetzliche und normative Vorgaben an das zu erstellende Wartungsleitsystem richten sich vor allem an die Struktur der Datenhaltung und das Erscheinungsbild der Anwendung d.h. beispielsweise im Rahmen des Programmablaufs und der Formulargestaltung. Sie haben zur Laufzeit keinen Einfluss auf das System.

Seitens der späteren menschlichen Benutzer ist zwischen zwei Benutzergruppen zu unterscheiden. Einerseits Administratoren, die einen uneingeschränkten Zugriff auf vorhandene Daten haben müssen, neue Datensätze anlegen, vorhandene bearbeiten und löschen. Auf der anderen Seite stehen die Benutzer, die vornehmlich Informationen auswerten und nur vereinzelt Datensätze ändern bzw. ergänzen dürfen.

Im vorliegenden Fall eines Wartungs-Leitsystems für den anlagentechnischen Brandschutz ist der Betreiber einer Brandschutzanlage als Administrator zu sehen. Servicetechniker hingegen nur als reine Benutzer ohne administrative Befugnisse. Weitere Benutzergruppen wären möglich, werden jedoch im Folgenden nicht beachtet.

Eine weitere Gruppe von Akteuren stellen EDV-Systeme dar, die Daten zur Laufzeit aktualisieren können. Hierbei handelt es um externe technische Systeme, die benötigte Daten liefern oder vorhandene Daten weiterverarbeiten. Diese technischen Akteure verfügen über eine eigene Serversoftware und meist auch über eine eigene Datenhaltung. Andere Systeme können mit ihnen über vordefinierte Schnittstellen kommunizieren. Bei der betrachteten Anwendung sind das autarke Ortungssysteme.

Aufbauend auf der Festlegung der Benutzergruppen sind deren spätere Aktionen zu definieren. Abbildung 4.1 zeigt ein Anwendungsfalldiagramm, in dem die Interaktionen zwischen den Benutzern und dem System und Abhängigkeiten innerhalb des Systems grob skizziert sind.

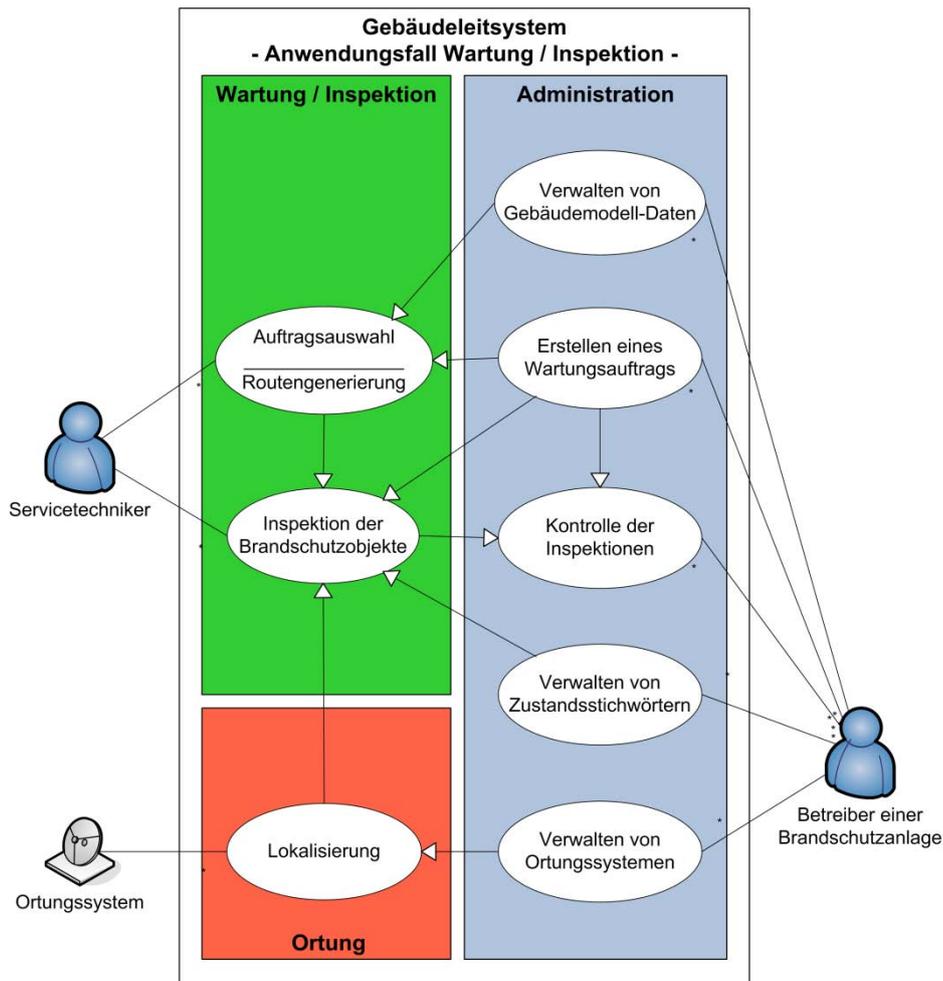


Abbildung 4.1: Anwendungsfälle eines Wartungs-Leitsystems [Kreger, 2011]

4.2. Notwendige Komponenten

Aus den in der Anforderungsphase ermittelten Grundvoraussetzungen können die einzelnen benötigten Komponenten des Wartungs-Leitsystems abgeleitet werden. Als Komponenten werden hierbei einzelne Softwarepakete bezeichnet, die verschiedene Funktionalitäten beinhalten können, aufgrund der Kapselung eine einfache Möglichkeit der Gliederung und damit verbunden einer einfachen späteren Austauschbarkeit von Funktionalitäten bieten. Mittels standardisierter Schnittstellen können diese Komponenten beliebig im Gesamtsystem angedockt und genutzt werden. Dies resultiert aus dem wichtigen Merkmal der komponentenbasierten Programmierung, der Wieder- bzw. Mehrfachverwendbarkeit, so dass eine Komponente auch von mehreren anderen Komponenten genutzt werden kann. Das in Abbildung 4.2 dargestellte Komponentendiagramm enthält alle, für ein Wartungs-Leitsystem notwendigen, Komponenten und definiert konzeptionell die Schnittstellen zur Kommunikation untereinander [Kreger, 2011].

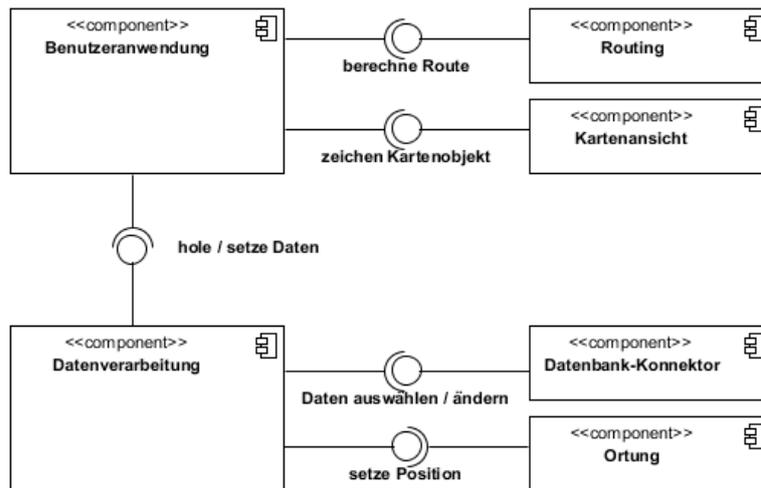


Abbildung 4.2: Konzeptionelles Komponentendiagramm [Kreger, 2011]

4.2.1. Benutzeranwendung

Da nicht alle Benutzer die identischen Befugnisse und Rechte erhalten, muss für jede Benutzergruppe eine eigene Oberfläche bzw. eine eigene Anwendung erstellt werden.

Die in der Softwareentwicklung klassische Lösung ist die Explorer-Ansicht, bei der der Bildschirm in zwei Spalten aufgeteilt wird. In der linken Spalte befindet sich die strukturierte Daten- und auf der rechten Seite die Ergebnisansicht (hier Kartenansicht). Abbildung 4.3 zeigt den strukturellen Aufbau einer Anwendung für Administratoren.



Abbildung 4.3: Struktureller Aufbau der Administrator Anwendung

Die Applikation für Servicetechniker sollte auf das Nötigste beschränkt sein. Daher sollte der überwiegende Teil des Bildschirms mit denen für den Anwender relevanten Informationen gefüllt werden. Diese sind, je nach aktueller Situation, entweder in einer Kartenansicht oder einer

Eingabemaske für die Dokumentation der Diagnoseergebnisse eines Serviceobjekts zu präsentieren. Ergänzt durch einen schmalen Bereich zum Steuern des Programms und für Statusmeldungen sollte die Applikation übersichtlich gestaltet sein. In Abbildung 4.4 ist das optische Erscheinungsbild einer solchen Anwendung dargestellt.

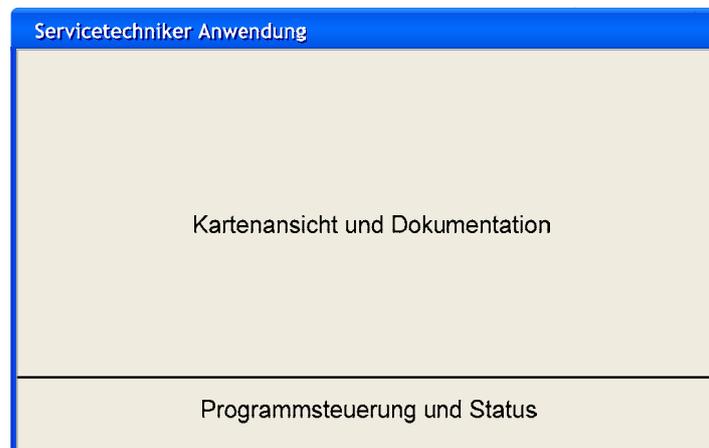


Abbildung 4.4: Erscheinungsbild einer Software für Servicetechniker

Das Wechseln zwischen Kartenansicht und Eingabemaske sollte situationsbedingt automatisch geschehen. Bis zum Erreichen eines Serviceobjekts muss die Kartensicht mit einem Routenvorschlag zum nächsten zu wartenden Brandschutzobjekt ersichtlich sein. Die angezeigte Route sollte sich zudem dynamisch mit dem Wechseln des aktuellen Standorts ändern [Kreger, 2011].

4.2.2. Kartenansicht

Für die Orientierung der Servicetechniker und für die Visualisierung der Gebäudedaten innerhalb der Administratoranwendung ist die Kartenansicht unabdingbar. Die Anforderungen an eine Kartendarstellung sind vergleichbar mit denen einer CAD Software. Es sollte eine Objekttypenbasierte Strukturierung auf unterschiedlichen Ebenen realisiert werden, so dass ein schnelles Gliedern und Ein- und Ausblenden auf mobilen Endgeräten möglich wird. Einen weiteren Vorteil dieser Strukturierung stellt die etagenweise Aktualisierung von Daten dar, durch die nicht mehr die gesamte Zeichnung erneuert werden muss, d.h. bei einer Veränderung in Ebene B muss A nicht neu gezeichnet werden.

Auch eine geschossübergreifende Visualisierung für spätere Routenführungen sollte hierbei integriert werden.

Um dem Benutzer eine sinnvolle Darstellung bieten zu können, sollten weiterhin benutzerspezifische Anpassungen möglich sein. Diese sollten mindestens umfassen:

- Skalieren
- Drehen
- Ebenen ein- und ausblenden
- Auswahl eines speziellen Geschosses

Seitens der Darstellung von Symbolen ist hierbei zu beachten, dass sie

1. nicht verdreht oder auf dem Kopf stehen.
2. sich nicht in der Größe und Form verändern.

Die Festlegung der darzustellenden Symboliken ist ebenfalls wichtig. Diese sollten allgemein verständlich und schnell zu erfassen sein.

Tabelle 4.1 gibt einen Überblick auf mögliche Zeichnungsobjekte und für welche Benutzergruppe deren Anzeige sinnvoll ist.

Zeichnungsobjekt		Administrator	Servicetechniker
	Hintergrundbild	+	+
Gebäudemodell	Räume	+	+
	Wände	+	+
	Wandöffnungen	+	+
Routing	Routing-Netz	+	-
	Route	+	+
Brandschutz	BS-Objekte	+	+
Ortung	Eigener Standort	-*	+

+ Information anzeigen

- Information nicht anzeigen

*Darstellung evtl. für Simulationszwecke sinnvoll

Tabelle 4.1: Zeichnungsobjekte für die Kartenansicht

Für die grafische Gestaltung der Kartenansicht kann bzgl. der bereits im Bauwesen bzw. der brandschutztechnischen Anwendung auf eine, in den Brandschutznormen vorgegebene, Planvariante zurückgegriffen werden. Hierfür kommen die grafischen Darstellungstypen (Symbole) für Feuerwehrkarten in Betracht:

- Installationsplan für Brandschutzanlagen
- Feuerwehrplan
- Feuerwehr-Laufkarte
- Flucht- und Rettungswegeplan

Tabelle 4.2 stellt einige der möglichen Plantypen dar. Es werden hierbei eine Bewertung des Detaillierungsgrads des Plans, der Umfang dargestellter Symbole für Brandschutzobjekte und evtl. bereits vorhandene Routendarstellungsvorgaben miteinander verglichen.

	Detaillierg.	Symbole f. BMA	Symbole f. Melder	Symbole f. Löschanl.	Vorgaben f. Routendarst.
Architektenplan	-	-	-	-	-
BS-Installationsplan	-	+	+	+	-
Feuerwehrplan	-	+	-	+	-
Feuerwehr-Laufkarte	+	○	+	○	+
Flucht- und Rettungsplan	+	-	○	○	+

- + vollständig erfüllt
- nur teilweise erfüllt
- nicht erfüllt

Tabelle 4.2: Auswahlkriterien für das Layout der Kartendarstellung

Wie Tabelle 4.2 erkennen lässt, gibt es keinen bereits existierenden optimalen Plantyp, der alle Anforderungen an das Layout erfüllt. Aus diesem Grund bietet sich eine Kombination aus Feuerwehrplan und Feuerwehr-Laufkarte an. Aus beiden Plantypen werden für die Kartendarstellung jeweils die Elemente verwendet, die vollständig alle Vorgaben erfüllen. Um die Kartenansicht ansprechender zu gestalten, soll im Hintergrund eine Satellitenaufnahme des Gebäudes zu sehen sein.

Abbildung 4.5 zeigt eine entwurfsmäßige Darstellung der Komponente für die Kartenansicht.

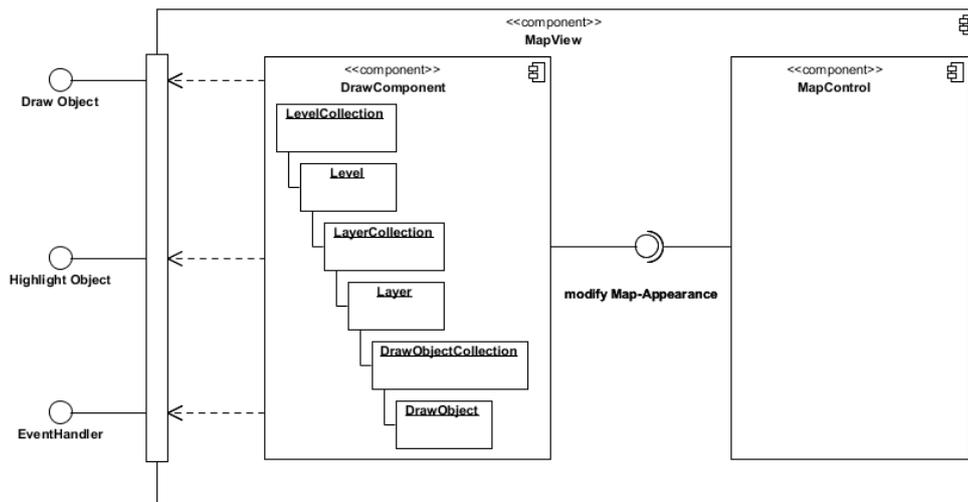


Abbildung 4.5: UML Komponentendiagramm für die Kartenansicht [Kreger, 2011]

4.2.3. Routing

In das Ortungssystem sollte mittels komponentenbasierter Programmierung eine Komponente geschaffen werden, die ausschließlich einen Algorithmus zur Berechnung der Route beinhaltet. Dies soll einen späteren schnellen Austausch des Algorithmus ermöglichen.

Für eine einfache Berechnung mit hoher Performance sollten sämtliche Anfangswerte in einer Matrix abgelegt werden, die ebenfalls für sämtliche Berechnungen herangezogen werden kann. Für jeden Knoten im Routingnetz sollten genau eine Zeile und eine Spalte in der Matrix vorhanden sein. Die Zellen der Matrix, sollten sowohl über Indizes als auch über die eindeutigen Knoten-IDs aus der Datenbank angesprochen werden können. Der Inhalt der Zellen muss eine Auflistung aller Kanten enthalten, die auf dem Weg von einem Knoten zu einem anderen durchlaufen werden müssen. Zu Beginn der Berechnung enthalten nur die Zellen jeweils eine Kante, die Direktverbindungen zwischen zwei Knoten darstellen. Desweiteren sollten die Matrixzellen einige booleschen Eigenschaften enthalten, um während einzelner Berechnungsschritte einen Zustand speichern zu können. Bei der Berechnung mit dem Dijkstra-Algorithmus, werden zum Beispiel berechnete Wege markiert, so dass sie nicht nochmals berechnet werden [Kreger, 2011].

Abbildung 4.6 zeigt einen Entwurf für die Routing-Komponente.

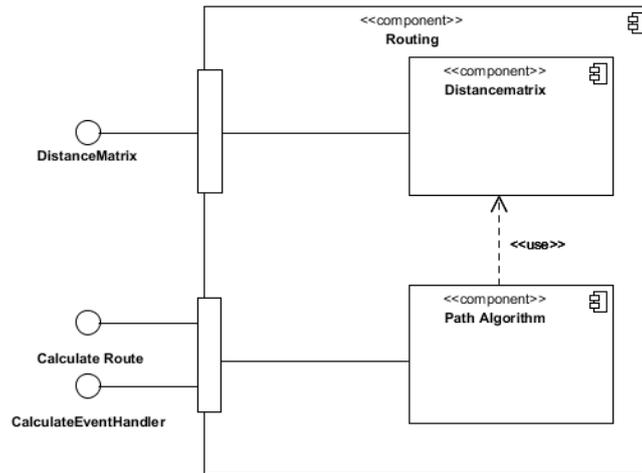


Abbildung 4.6: UML Komponentendiagramm für das Routing [Kreger, 2011]

4.2.4. Datenverarbeitung

Die Schaffung einer Komponente Datenverarbeitung soll die Verbindung zwischen der Datenbankverbindung und der Anwendung bieten. Als Schnittstelle konvertiert sie Daten aus der Datenbank in ein weiter nutzbares Format. Hierzu sollten DataSets genutzt werden, die die Übernahme der Datenbankstruktur durch Tabellen und Verknüpfungen unterstützt. Das entsprechende Dataset sollte zu Beginn mit leeren und für die jeweilige Abfrage relevanten Tabellen und Verknüpfungen angelegt werden. Mit sogenannten Filtern, die der Abfragemethode übergeben werden, schränkt man dann das Volumen der zurückzugebenen Daten ein. Aus dem vorkonfigurierten Dataset und den Datenfiltern könnte in der Komponente, die für die Datenverbindung zuständig ist, die entsprechenden Datenbankabfragen dynamisch erstellt werden.

Abbildung 4.7 zeigt den Entwurf einer DataHandling-Komponente

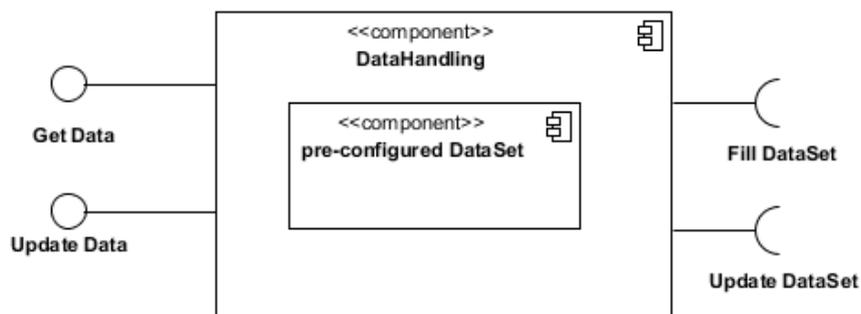


Abbildung 4.7: UML Komponentendiagramm für die Datenverarbeitung [Kreger, 2011]

4.2.5. Datenbankverbindung

Die Datenbankverbindung hat eine direkte Verbindung zur Systemdatenbank. Sie stellt sogenannte Datenbank-Konnektoren bereit, mit deren Hilfe Daten aus einer beliebigen Datenbank gelesen, hinzugefügt, bearbeitet oder gelöscht werden können. Die Konnektoren bieten hierbei eine Plattformunabhängigkeit, so dass beliebige Datenbankmodelle genutzt werden können. Die Schnittstelle der Datenbankverbindung enthält einfache Select- und Updatemethoden, denen jeweils ein DataSet übergeben wird. Wie das DataSet mit Daten gefüllt oder aus einem DataSet heraus eine Datenbank aktualisiert wird, bleibt der Komponente überlassen. Hierfür muss es einen generischen Daten-Adapter geben, wie zum Beispiel den SqlDataAdapter. Er stellt mit Hilfe der Structured Query Language (SQL) eine Verbindung zu einer Datenbank her, die diese Abfragesprache versteht [Kreger, 2011].

Abbildung 4.8 zeigt den Entwurf der Komponente zur Datenbankverbindung.

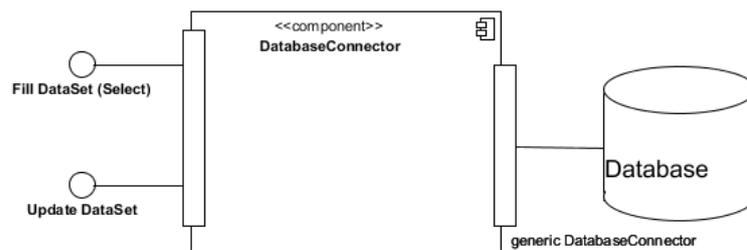


Abbildung 4.8: UML Komponentendiagramm für die Datenbankverbindung [Kreger, 2011]

4.2.6. Ortung

Für die Ortung von Personen und Objekten soll das vorliegende System externe eigenständige Ortungssysteme nutzen. Auch hierzu muss eine Schnittstelle geschaffen werden, die die Ergebnisse der Lokalisierung in ein nutzbares Format umwandelt. Diese Schnittstelle stellt die Komponente Locating dar. Ihre Aufgabe ist es vornehmlich, die proprietären Daten der Ortungssysteme in für die Anwendung nutzbare Daten umzusetzen und der Datenverarbeitung zu übergeben. Diese formt die Positionsdaten in eine, für die Systemdatenbank geeignete, Tabellenstruktur und übergibt sie dann der Datenbankverbindung. Für jedes Ortungssystem muss eine eigene Locating-Komponente vorhanden sein [Kreger, 2011].

Abbildung 4.9 stellt den Entwurf der Locating-Komponente dar.

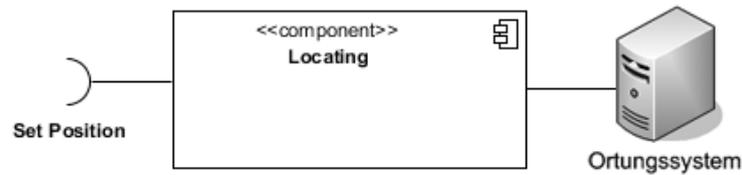


Abbildung 4.9: UML Komponentendiagramm für die Schnittstelle zu Ortungssystemen [Kreger, 2011]

4.3. Datenbankmodell

Am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen wurde in den letzten Jahren im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte eine umfangreiche Datenbank für eine Indoor-Navigations-Integrationplattform (InNavI) entwickelt. Sie basiert auf einer Microsoft SQL-Server aufgesetzten relationalen Datenbank. Diese Datenbank soll im vorliegenden Forschungsprojekt weiterhin genutzt und gegebenenfalls erweitert werden.

Bisher bestand die Datenbank aus den in Abbildung 4.10 dargestellten Bereichen, die jeweils ein oder mehrere Tabellen beinhalten.

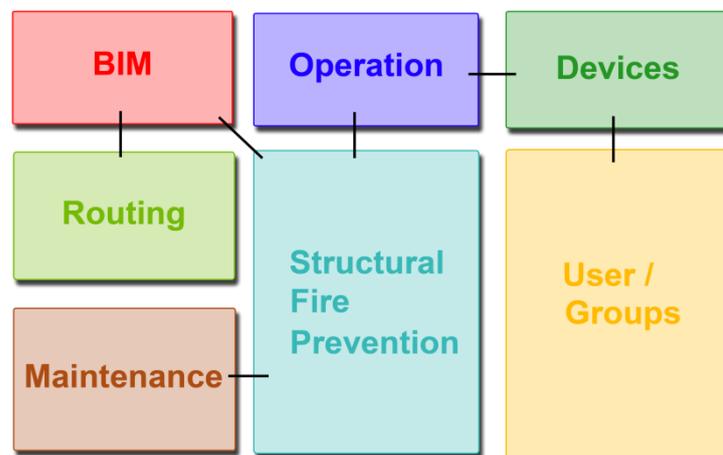


Abbildung 4.10: Datenkategorien im Bestand

BIM

Der Bereich BIM beinhaltet alle Tabellen für das Gebäudemodell (**B**uilding **I**nformation **M**odel). Diese sind für die Darstellung der Gebäudegrundrisse in der Kartenansicht notwendig. Ausgehend von einem Gelände (**C**AMPUS) sind hier Gebäude (**B**UILDING), Räume (**S**PACE), Wände (**S**URFACE) und Wandöffnungen (**O**PENING) hinterlegt. Weiterhin sind hier entsprechende Kartesische Koordinaten (**C**ARTESIANPOINT) zu den einzelnen BIM-Objekten gespeichert.

Routing

Für die Darstellung der Routingnetze sind drei Tabellen in der Kategorie Routing vorhanden. Sie speichern Knoten (NODE), Kanten (EDGE) und Kantentypen (EDGETYPE).

Structural Fire Prevention

In diesem Bereich werden Tabellen mit Elementen des gebäudeseitigen Brandschutzes vorgehalten. Diese umfassen u.a. Brandschutzelemente (FSELEMENT), Linien der Brandschutzelemente (LINE), RFID-Tags zur Identifikation (RFID) und den Typ der Brandschutzelemente (OBJECTTYPE).

Maintenance

Der Bereich Maintenance umfasst alle Tabellen, die für den Ablauf der Wartungs- und Inspektionsaufträge benötigt werden (ServiceTechnican, Assignment, ServiceItem, ServiceEntry). Außerdem stehen Tabellen für Zustandsstichwörter bereit (DamageCategory, DamageCode).

Operation

Die Kategorie Operation beinhaltet Tabellen zur Strukturierung von einsatzrelevanten Daten aus früheren Forschungsprojekten.

Devices

In dieser Kategorie werden Informationen über mobile Endgeräte verwaltet.

User / Groups

Die Tabellen dieser Kategorie sind für das Speichern von Feuerwehrpersonal entworfen worden.

Konzept für eine Anpassung des Datenbankmodells

Für die Nutzung der bestehenden Datenbankstruktur zu Wartungs- und Navigationszwecken sind einige Änderungen in der Struktur notwendig. Hierbei sollten allerdings nur Ergänzungen stattfinden, so dass bestehende Applikationen weiterhin die Datenbank nutzen können.

In diesem Bezug muss bspw. die bestehende Tabelle CARTESIANCOORDINATE für die geplanten Anwendungszwecke abgeändert werden. Bisher wurden hierin Punkte mit nationalen Gaus-Krüger-Koordinaten gespeichert, was für Elemente innerhalb von Gebäude eher unzweckmäßig ist.

Eine weitere Anpassung sollte in der Tabelle FSELEMENT vorgenommen werden. Um Brandschutzelemente mit einer alternativen Methode eindeutig identifizieren zu können, sollten in der Tabelle neben RFID-Tags auch Barcodes gespeichert werden können. Auf vielen Brandschutzelementen sind zum einen Barcodes einfacher anzubringen und zum anderen lässt sich ein Objekt bei einer Vielzahl von Elementen in unmittelbarer Umgebung schneller und einfacher identifizieren, da es direkt abgescannt werden muss.

Im Bereich Devices müssen grundlegende Änderungen vorgenommen werden. Diese sind vor allem darin begründet, dass in der Vergangenheit Ortungssysteme verwendet wurden, die nicht geschossübergreifend genutzt wurden. Einige Ortungssysteme können aus technischer Sicht nicht über mehrere Stockwerke hinweg eingesetzt werden. Hier müssen mehrere Teilbereiche eines Systems in der Datenbank abgebildet werden.

Abbildung 4.11 stellt die im Bereich Devices vorhandenen Tabellen dar. Für das vorliegende Forschungsprojekt sind jedoch nur die beiden Tabellen POSITION und DEVICE von Interesse. Diese beinhalten die Ortungsergebnisse (POSITION) und Informationen über die Ortungsgeräte (DEVICE).

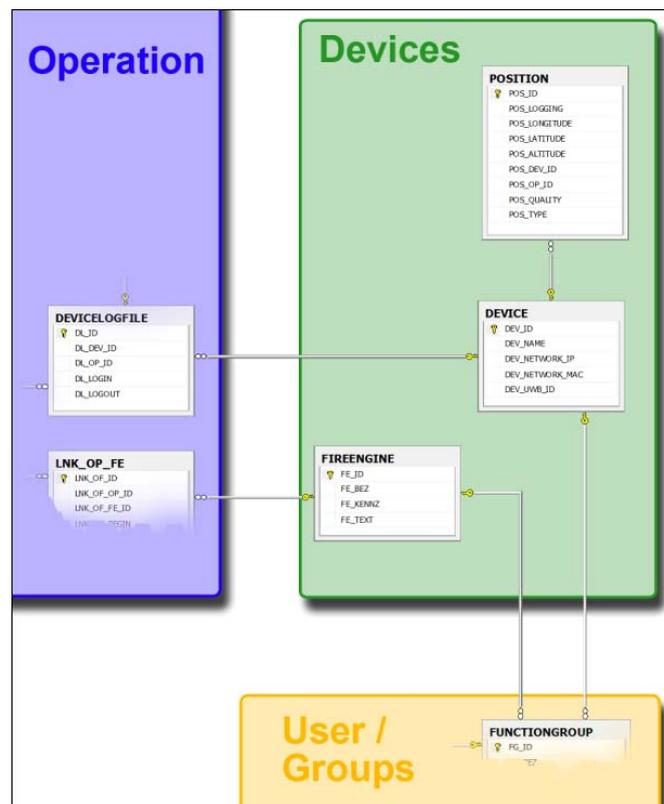


Abbildung 4.11: Datenbank-Tabellen für Ortungssysteme im Bestand

Um eine zukünftige Unterscheidung der Ortungssysteme zu erhalten, sollten in diesem Bereich noch entsprechende Tabellen eingefügt werden, die gleichzeitig auch mit den Ebenen des Gebäudes

verknüpft werden können. Zum besseren Verständnis illustriert Abbildung 4.12 die Beziehungen zwischen Ortungssystemen, Ortungsteilsystemen, Ortungsgeräten und den Stockwerken eines Gebäudes.

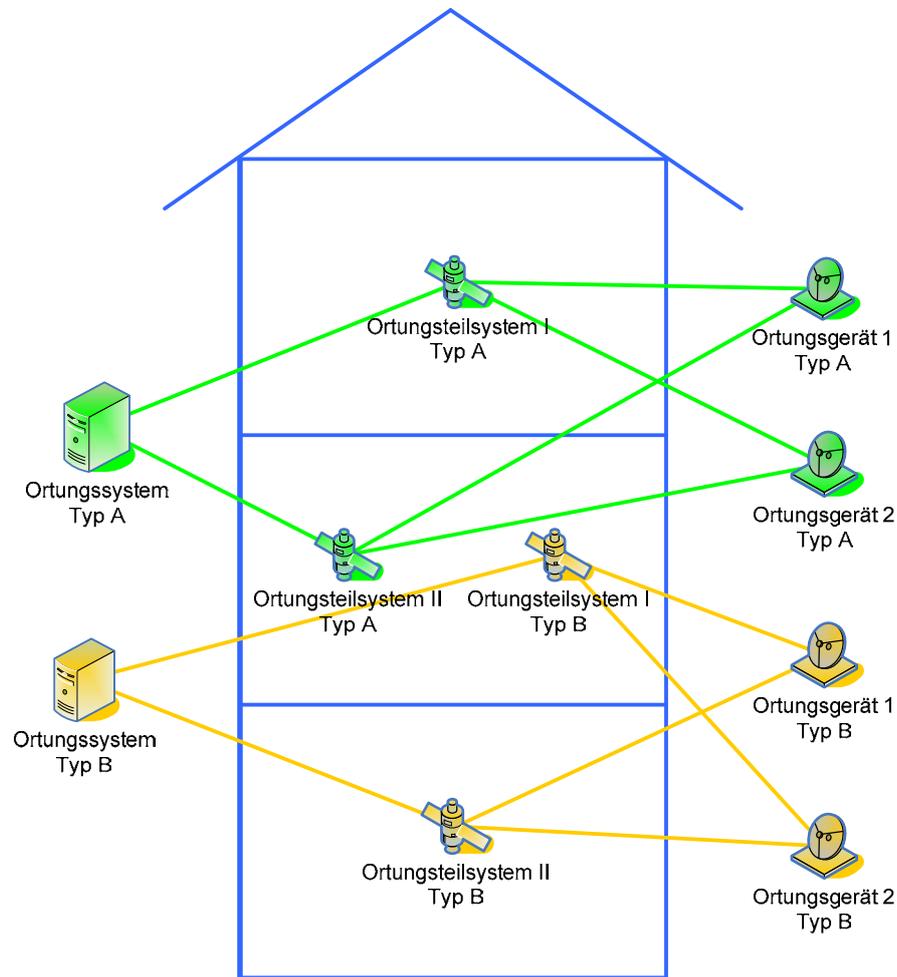


Abbildung 4.12: Beziehungen zwischen den Komponenten des Ortungssystems [Kreger, 2011]

4.4. Kommunikation und Netzwerk

Die Hauptelemente des Gesamtsystems sollten zentral auf einem Server bereitgestellt werden, auf die die einzelnen Applikationen der mobilen Endgeräte zugreifen können. Mittels Webinterface bietet sich die Möglichkeit, die Kommunikation zwischen allen beteiligten Komponenten herzustellen. Eine gängige Methode sind Webservices, die mit Hilfe von standardisierten Protokollen, wie beispielsweise dem Simple Object Access Protocol (SOAP), angesprochen werden können. SOAP ist ein sehr weit verbreitetes XML-basiertes Protokoll für Datenabfragen und Informationsübertragungen in einem Netzwerk und ist mit den meisten Programmiersprachen umsetzbar [Kreger, 2011].

Die im Netzwerk verteilten Komponenten, sind mit Hilfe eines Netzwerkdiagramms in Abbildung 4.13 dargestellt.

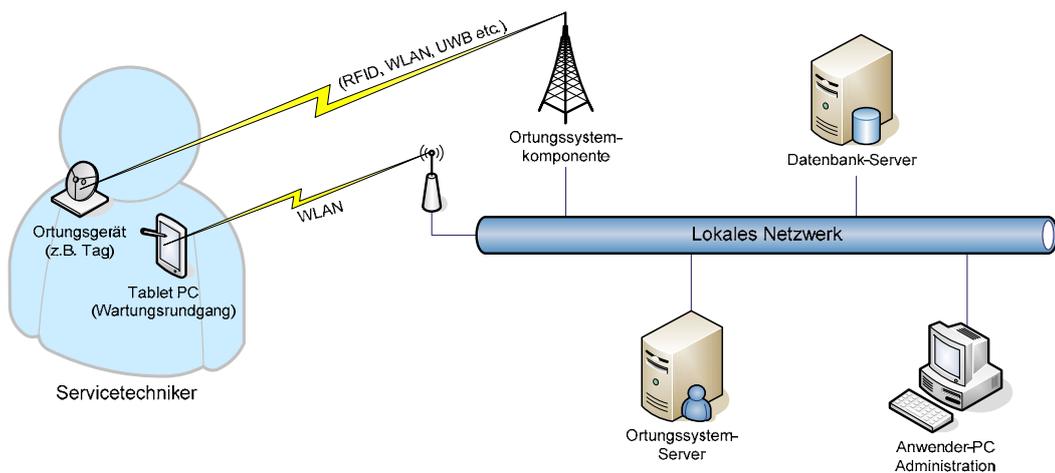


Abbildung 4.13: Netzwerkentwurf für das Wartungs-Leitsystem [Kreger, 2011]

Abbildung 4.14 stellt die Kommunikation mittels Methodenaufwurf bzw. durch Abfangen von Ereignissen (Events) zwischen den einzelnen Komponenten dar. Es werden hierbei Webservices eingesetzt, die als Kommunikationsschnittstelle dienen.

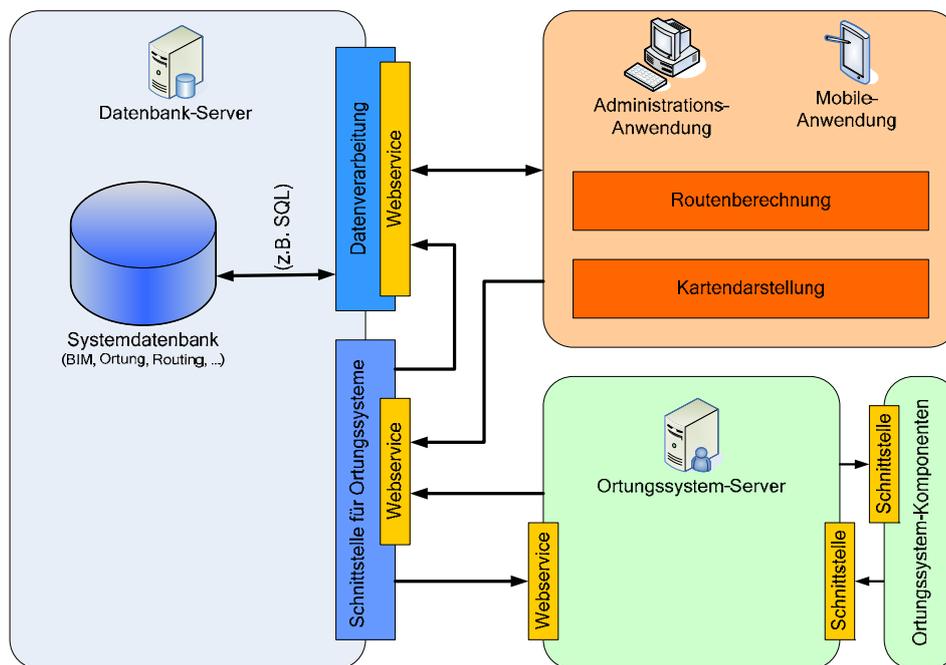


Abbildung 4.14: Kommunikation zwischen den Systemen und Komponenten [Kreger, 2011]

5. Prototypische Implementierung

5.1. Einleitung

Aufbauend auf der bestehenden Indoor-Navigations-Integrationsplattform (InNavI) des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen (IIB) an der Technischen Universität Darmstadt wurde ein laufzeitbasiertes Indoor-Navigations-System für die Wartung von Brandschutzeinrichtungen erstellt. Hierzu wurden u.a. die Elemente des nach Kapitel 4 vorgestellten Konzepts umgesetzt.

Aufgrund der bereits vorhandenen komponentenbasierten Programmierung ließen sich die neuen Softwareteile gut in die bereits bestehende Software integrieren. Eine solche Integration ohne eine vollständige Überarbeitung der bereits vorhandenen Software ermöglicht die Weiternutzung vorhandener Anwendungen.

Auch seitens des Datenbankmodells wurden vornehmlich Ergänzungen statt einer Neugestaltung der Datenbank umgesetzt (siehe Kapitel 5.2). So wurden zusätzliche Spalten (Attribute) in bestehende Tabellen und neue Tabellen und Relationen hinzugefügt. Es wurden keine Spalten gelöscht oder deren Datentypen geändert, so dass die Datenbank für bestehende Anwendungen nutzbar bleibt.

Die Softwarekomponenten wurden in der Sprache C# und dem Microsoft .NET-Framework 3.5 in Microsoft Visual Studio 2008 programmiert.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Umsetzung der einzelnen Komponenten und deren Änderungen beschrieben.

5.2. Datenbankmodell

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, fand zunächst eine Einteilung der Tabellen der Datenbank in verschiedene Kategorien statt, die jeweils nur Daten des bestimmten Teilbereich beinhalten. Hierbei wurde jeweils ein Basiselement (Wurzelement), in Anlehnung an eine hierarchische Datenstruktur, benannt, das nur Kind-Verknüpfungen, also keine Fremdschlüssel enthält.

Tabelle 5.1 stellt die einzelnen Kategorien dar.

Kategorie	Beschreibung
BIM (Building Information Model)	Beinhaltet Daten über die Gebäudestruktur und deren Standort. Das Basiselement ist Campus, was ein umschlossenes Gebiet darstellt. Der Campus enthält Gebäude, in denen sich Räume befinden, die durch Wände begrenzt sind. Wände werden durch Koordinaten aufgespannt und können Öffnungen enthalten, die wiederum mit Koordinaten beschrieben werden.
Routing	In der Kategorie Routing sind Tabellen enthalten, die zum Speichern eines Routingnetzes geeignet sind. Ein solches Netz besteht aus Knoten und Kanten, deren Lage stark vom Grundriss des betrachteten Gebäudes abhängt. Daher könnte man diese Kategorie auch als eine Unterkategorie von BIM betrachten.
LocatingAndDevices	Die bisherige Kategorie Devices, in der Informationen zu den Ortungsgeräten und Ortungsergebnisse (Positionen) gespeichert sind, wurde mit zusätzlichen Tabellen erweitert. Diese Tabellen enthalten Informationen zu den einzelnen Ortungssystemen und stellen eine Verknüpfung zu den Örtlichkeiten (BIM), in denen sie verwendet werden, her.
FirePrevention	In dieser Kategorie sind alle, den Brandschutz betreffenden, Daten enthalten. Als Basiselement tritt hier die Tabelle OBJECTTYPE auf, die den Typ eines Brandschutzelements beschreibt. Die Brandschutzelemente in der Tabelle FSELEMENTS sind mit verschiedenen weiteren Informationen verknüpft, wie zum Beispiel den Räumen (BIM) in denen sie installiert sind oder mit einem RFID-Tag, durch den sie eindeutig identifiziert werden können.
Operation	Die Daten in der Kategorie Operation enthalten Informationen, die für die Durchführung eines Feuerwehreininsatzes von Interesse sind. Neben einer Tabelle zur Einsatzbeschreibung (OPERATION), befinden sich Strukturen für die Einsatzkommunikation in dieser Kategorie.

Kategorie	Beschreibung
Maintenance	Maintenance Tabellen enthalten alle Informationen, die zur Bearbeitung und Dokumentation von Wartungsaufträgen benötigt werden. Ein Basiselement innerhalb der Kategorie ist ServiceTechnican, in dem die Bearbeiter der Aufträge gespeichert sind. Diesen Servicetechnikern können Aufträge zugeteilt werden, die Leistungspositionen mit den zu bearbeitenden Serviceobjekten enthalten. Neben der Auftragsbearbeitung sind im Bereich Maintenance auch Tabellen zum Speichern von Fehlercodes vorhanden. Die Fehlercodes sind einem Basiselement, der Fehlerkategorie, zugeordnet und können mit verschiedenen Brandschutz-elementtypen verknüpft werden.
UserAndGroups	Die in der Kategorie UserAndGroups enthaltenen Tabellen speichern Informationen zum strukturellen Aufbau einer Feuerwehreinheit. Das Basiselement ist der einzelne Feuerwehrmann, der einer Einsatzgruppe angehört. Einzelne Gruppen können wiederum einer höheren Gruppe angehören etc.

Tabelle 5.1: Datenkategorien in der BlaNS_DB [Kreger, 2011]

Die beiden Kategorien „UserAndGroups“ und „Operation“ gehören zu einem vorausgegangenem Forschungsprojekt und finden hier keine Anwendung. Sie werden im Folgenden daher nicht weiter berücksichtigt.

Die in den einzelnen Kategorien durchgeführten Ergänzungen werden im Folgenden nur beispielhaft erläutert. Eine vollständige Auflistung ist [Kreger, 2011] zu entnehmen.

Für ein besseres Verständnis werden im Folgenden bei den Beschreibungen der Datenbanktabellen die Kategorie und Tabelle jeweils in Spitzenklammern, d.h. Kategorienamen und Tabellennamen, getrennt durch einen Punkt, angegeben. Beispiel: Die Tabelle BUILDING in der Kategorie BIM wird mit <BIM.BUILDING> beschrieben.

Ergänzungen in der Kategorie BIM

In der Tabelle <BIM.BUILDING> wurden zwei Spalten für das Speichern einer Koordinate hinzugefügt. Diese Koordinate (BUILDING_OFFSET_X, BUILDING_OFFSET_Y) beschreibt die Lage des Ursprungs, des lokalen Gebäudekoordinatensystems, zu einem auf dem Campus liegenden und geodätisch eingemessenen Punkt. Hiermit wurde die im Konzept erörterte Zielsetzung zur Verwendung

von ausschließlich lokalen Koordinaten innerhalb von Gebäude umgesetzt. Mit dem in lokalen Campus-Koordinaten angegebenen Versatz können alle Gebäudekoordinaten in geodätische Koordinaten umgerechnet werden [Kreger, 2011].

Ergänzungen in der Kategorie LocatingAndDevices

Bisher wurden die Ortungssysteme nur anhand einer ID in der Tabelle <LocatingAndDevices.DEVICE> unterschieden. Durch die Nutzung eines Multimethodenansatzes und somit mehrerer unterschiedlicher Ortungssysteme musste in der Tabelle DEVICE eine neue Spalte (Attribut) eingefügt werden. Desweiteren war die alte Struktur bisher nicht in der Lage, zwischen mehreren Teilbereichen eines Ortungssystemtyps, zu unterscheiden. Hierzu wurde die neue Tabelle <LocatingAndDevice.LOCATINGSYSTEMTYPE> hinzugefügt. Sie speichert verschiedene Ortungstechniken und besitzt neben dem Primärschlüssel eine weitere Spalte für den Namen des Systems, um z.B. weitere Angaben über Hersteller usw. zu speichern.

Eine weitere neue Tabelle stellt die <LocatingAndDevices.LOCATINGSYSTEM> dar. Diese speichert Informationen zu einem installierten Ortungssystem (Ortungssystemtyp). Neben dem Primärschlüssel und einem Fremdschlüssel zur Tabelle <LocatingAndDevice.LOCATINGSYSTEMTYPE> können noch ein Name für die Installation und einen Einheiten-Umrechnungsfaktor hinterlegt werden. Letzteres soll eine Umrechnung von Maßangaben des Ortungssystems in Metern ermöglichen. Dies ist notwendig, da einige Hersteller abweichende Maßeinheiten verwenden.

Weiterhin wurde die Tabelle der Ortungssysteme mit den Tabellen <BIM.FLOOR> und <LocatingAndDevices.DEVICE> über sogenannte Linktabellen (<LocatingAndDevices.LINK_LOCSYS_DEVICE> und <LocatingAndDevices.LINK_LOCSYS_FLOOR>) verknüpft. Diese sollen u.a. die Ortungssysteme mit einem oder mehreren Stockwerken verknüpfen und die Möglichkeit zur Speicherung zusätzlicher Informationen geben. Hierin sind, neben den üblichen Schlüsseln, auch Koordinaten zum Ortungssystem-Koordinatenursprung speicherbar, der nicht mit dem des lokalen Gebäudekoordinatensystems übereinstimmen muss.

Ergänzungen in der Kategorie FirePrevention

In der Kategorie FirePrevention wurde in der Tabelle <FirePrevention.FSELEMENT> eine Spalte zum Hinterlegen von Barcodes als ergänzendes und bisher weit verbreitetes Identifikationsmerkmal hinzugefügt.

Ergänzungen in der Kategorie Maintenance

Bezüglich der Wartungsaufträge wurden in den beiden Tabellen Auftrag (<Maintenance.assignment>) und Service-Objekt (<Maintenance.serviceObject>) entsprechende Zeitstempel, z.B. zum Speichern des Zeitpunkts, an dem der Auftrag angelegt, mit der Ausführung begonnen und der Auftrag beendet wurde, hinzugefügt.

5.3. Datenbank-Schnittstelle

Die Datenbank-Schnittstelle besteht aus dem Datenbank-Konnektor, der für die Kommunikation mit der Datenbank verantwortlich ist, und der Datenverarbeitung, in der die Daten für den Austausch zwischen Datenbank-Konnektor und Daten-Konsument vorbereitet werden. Über einen Webservice, der der Datenverarbeitung angehört, wurde die Schnittstelle nach außen realisiert. [Kreger, 2011] beschreibt am Beispiel einer Datenabfrage für das Gebäudemodell den Aufbau der Komponenten:

„Für jede Datenbankkategorie bietet der Webservice eine Methode zur Abfrage von Daten an. Zudem gibt es zwei Methoden für eine gefilterte Abfrage und eine zum Aktualisieren einer bestimmten Tabelle in der Datenbank. Das Quellcodebeispiel 5.1 zeigt die Programmzeilen der Webmethode, zur Abfrage von Gebäudemodelldaten. Zunächst wird in drei Schritten ein neuer Datenbank-Konnektor instanziiert. Im vorliegenden Fall wird ein Konnektor bereitgestellt, der eine SQL Verbindung mit einer Microsoft SQL Datenbank aufbauen kann. Im zweiten Schritt wird eine neue Instanz eines, für Gebäudedaten vorkonfigurierten, DataSets erstellt. Vorkonfigurierte DataSets sind Klassen, die vom .NET Konstrukt `System.Data.DataSet` abgeleitet sind und je nach Kategorie entsprechende leere Tabellen enthalten. Neben den Tabellen sind auch die Verknüpfungen und einige wichtige Tabellenspalten, wie Primär- und Fremdschlüssel, bereits integriert.

Diesem DataSet werden dann gewisse Filterkriterien übergeben. Dies sind Angaben, nach denen eine Datenauswahl zusammengestellt wird. Eine wichtige Angabe ist der Tabellename aus der die Abfrage gestartet wird. Ist kein Name angegeben, wird die erste Tabelle in der Kategorie verwendet, bei den Gebäudedaten ist dies <BIM.CAMPUS>. Eine weitere Filterangabe ist eine ID, die in der Start-Tabelle vorkommen sollte. Ist diese vorhanden, liefert die Abfrage nur Daten, die mit dem entsprechenden Eintrag verknüpft sind. Sollte es in der Start-Tabelle keinen Eintrag mit der angegebene ID geben, liefert die Abfrage leere Tabellen.

Der letzte Abfragefilter ist die Abfragetiefe, d.h. wie viele Tabellen, in Richtung der Kind-Verknüpfungen, in das Abfrageergebnis aufgenommen werden sollen. In entgegengesetzter Richtung werden jeweils alle Eltern-Verknüpfungen abgefragt, es werden also solange alle Fremdschlüssel, von der Start-Tabelle ausgehend, abgefragt, bis eine Basistabelle, eine Tabelle ohne Fremdschlüsselwerte,

erreicht wurde. Das heißt jede Datenbankabfrage, in der Kategorie BIM, kann bis zur Tabelle <BIM.CAMPUS> aufgelöst werden.

Zum Schluss wird das vom Datenbank-Konnektor gefüllte DataSet an die aufrufende Stelle zurückgegeben. Da das BIM-DataSet ein von .NET abgeleitetes DataSet ist, wird es vom Webservice automatisch in eine XML Struktur serialisiert und kann vom Empfänger wieder in ein Standard-DataSet zurückgewandelt werden.“

```
[WebMethod]
public DataSet getBIMDataSet(string tableName, long itemId, int childDepth) {
    // Instanzieren eines Datenbank-Konnektors und des dazugehörigen Datenbank-Adapters
    DBConnectorSelect dbcs = new DBConnectorSelect();
    DBConnector.DBConnector dbc = dbcs.getItemByConnectorId(1);
    BIaNS.DBConnector.IDBAdapter dba = dbc.DBConnectionConfig.BIaNSDBAdapter;

    // Instanzieren eines neuen für das Gebäudemodell vorkonfigurierten DataSets
    BIaNS_BIM_DataSet ds = new BIaNS_BIM_DataSet();

    // Wenn ein Tabellename vorliegt, soll dieser als Start-Tabelle für die Abfrage genutzt werden
    if(tableName.Length > 0) ds.StartTableName = tableName;

    // Bei der Angabe einer Item ID werden nur die Daten zurückgegeben, die mit dem unter der ID
    // in der Start-Tabelle eingetragenen Element verknüpft sind.
    if (itemId > -1) {
        ds.StartTableIndexFilterId = itemId.ToString();
    }

    // Es werden von der Start-Tabelle aus alle Elternelemente sowie die Kindelement bis zu einer
    // Tiefe von dem Wert childDepth ausgegeben.
    // Das letzte Elternelement in der Kategorie BIM ist CAMPUS.
    ds.ChildTableDepth = childDepth;

    // Übergabe des vorkonfigurierten DataSets an den Datenbank-Konnektor zur Abfrage (Select)
    dba.Select(ds);

    // Hinzufügen einer Eigenschaft für den Pfad auf dem Server, in dem die Media Inhalte liegen.
    ds.ExtendedProperties.Add("MediaPath", "media");

    // Rückgabe des gefüllten DataSets
    return ds.DataSet;
}
```

Quellcode 5.1: Webservice-Methode zur Abfrage von Gebäudedaten

5.4. Kartendarstellung

Im Rahmen der Kartenansicht wurde, wie in Kapitel 4.2.2 entwickelt, mit Layern gearbeitet. Hierfür wurde u.a. eine vorhandene Klassenbibliothek verwendet, die es ermöglicht, geometrische Zeichnungsfiguren sowie pixelbasierte Bilder ebenenbasiert anzuzeigen. Hierzu kann jede Ebene mehrere Objekte eines Objekttyps darstellen. Weiterhin existieren Steuerfunktionen wie Vergrößern, Verkleinern und Drehen der Zeichnung. Durch eine Erweiterung besteht nun die Möglichkeit einer geschossweisen Darstellung von Gebäuden. Hierzu wurden neue Klassen erstellt.

Die Anzeige wurde an die Bedürfnisse der zukünftigen Nutzer und der mobilen Endgeräte angepasst. So gibt es Auswahlfelder für eine schnelle Navigation innerhalb der Software und die Möglichkeit, eine spätere individuelle Anpassung durch den Nutzer vorzunehmen.

Innerhalb der Kartendarstellung des Wartungs-Leitsystems werden die Brandschutzsymbole durch allgemein verständliche normierte Symbole dargestellt, so dass diese jederzeit für den Benutzer klar erkennbar sind (Abbildung 5.1).

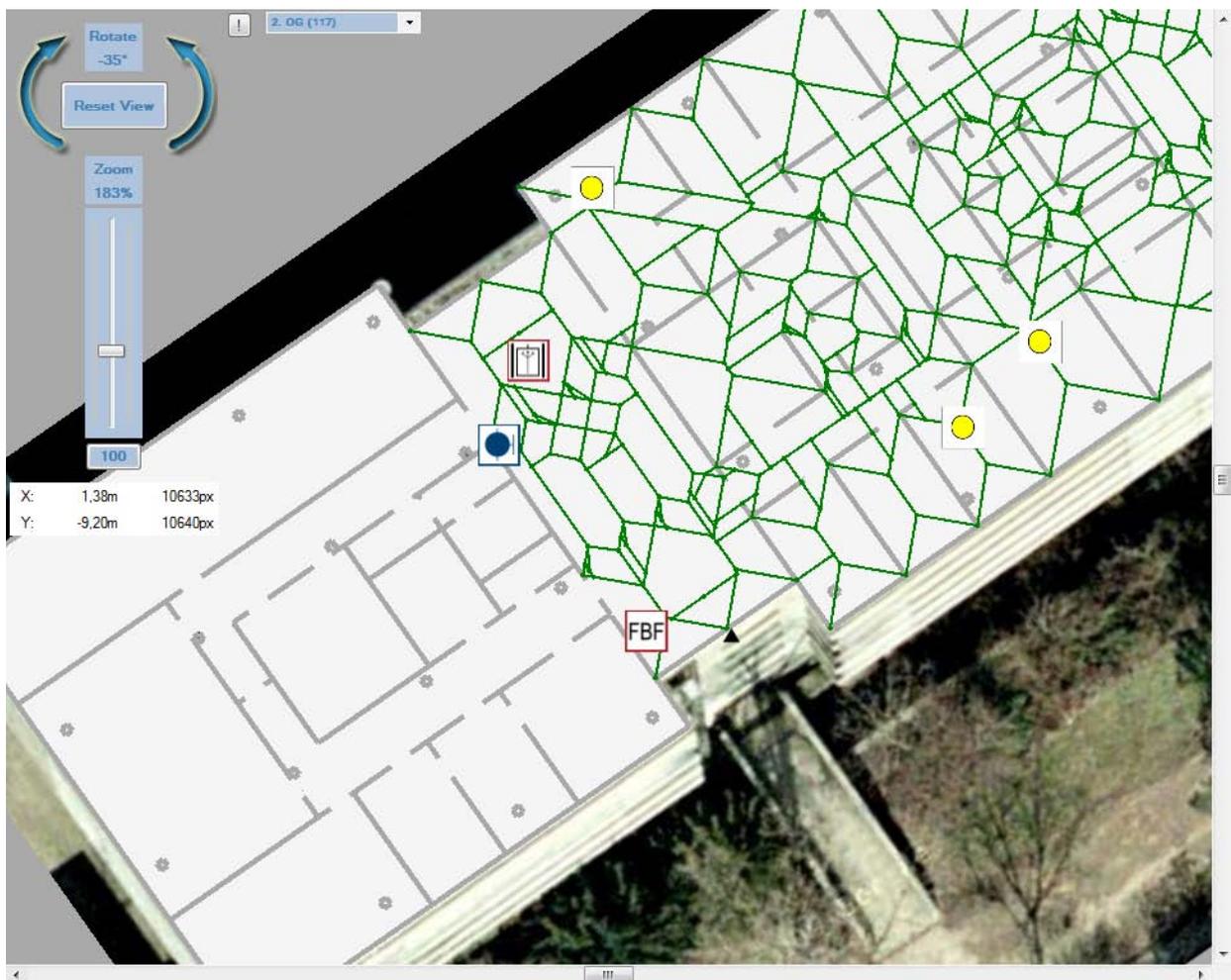


Abbildung 5.1: Umgesetzte Kartenansicht-Komponente

5.5. Routenberechnung

Für die Routenberechnung sind ein in der Datenbank abgespeichertes Routingnetz, ein Algorithmus zur Berechnung des kürzesten Weges und eine Matrix (Distanzmatrix) zur Speicherung aller möglichen Wege zwischen zwei beliebigen Punkten notwendig.

Passend zu einem Gebäude werden Wegenetze mit einem RoutingNetz-Generator wahlweise ebenen- oder raumweise erstellt. Dieser RoutingNetz-Generator erkennt innerhalb eines importierten Gebäudemodells (z.B. aus Autodesk Revit) automatisch die Anordnung von Wänden, Türen etc. und ermittelt alle möglichen Wege anhand zuvor festgelegter Wegenetz-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.1).

Aufbauend auf diesen Wegenetzen kann innerhalb eines jeden Raumes und basierend auf jedem darin vorhandenen Knoten ein Ausgangspunkt für die Berechnung festgelegt werden. Die vorhandene Anzahl an enthaltenen Knoten bestimmt die Größe der Distanzmatrix. Der Betrachtungsraum ist das Gebiet in dem eine Routenberechnung möglich sein soll. Für jeden Knoten in diesem Gebiet muss es eine Zeile und eine Spalte in der Distanzmatrix geben. Außerdem müssen die Längen der Kanten im Routingnetz bekannt sein.

Das Füllen der Distanzmatrix wird in [Kreger, 2011] wie folgt beschrieben: „Es wurde ein Klassenkonstrukt entwickelt, mit dem eine Distanzmatrix abgebildet werden kann. Das erste Füllen der Matrix wurde mit einer Methode `AddEdge` realisiert. Das heißt, der Matrix werden nur die Kanten bzw. die Knotenpaare, die eine Kante darstellen, übergeben. Innerhalb der Methode wird zunächst überprüft, ob einer der beiden Knoten bereits in der Matrix vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, werden jeweils eine neue Zeile und eine neue Spalte in der Matrix angelegt. Im zweiten Schritt werden die übergebenen Punkte einem Objekt übergeben, welches als Zellenwert an der entsprechenden Zelle in der Matrix eingetragen wird. Innerhalb dieses Objekts wird, bei Übergabe der Punkte, automatisch der Abstand berechnet.“

In Abbildung 5.2 ist ein vereinfachtes Klassendiagramm für das Matrix-Konstrukt dargestellt.

Die Klasse `DistanceMatrix` ist von der abstrakten und generischen Klasse `MatrixBase` abgeleitet. Die Klasse `MatrixBase` ist eine allgemeine Definition einer Matrix, deren Datentypen für die Spalten- bzw. Zeilenköpfe und dem Zelleninhalt generisch sind. Die Typen müssen allerdings von der Klasse `MatrixDataType` abgeleitet sein, deren Eigenschaften zwei boolesche Werte und eine eindeutige ID sind. Einer der beiden booleschen Werte ist zum Sperren einer Spalte, Zeile oder Zelle und der andere zeigt an, ob z.B. die Zelle für eine Berechnung herangezogen werden darf. Im vorliegenden Fall einer Distanzmatrix für die Routenberechnung sind die Spalten- und Zeilenköpfe vom Typ `MatrixRouteNode` und die Zellenwerte vom Typ `MatrixRoute`. Letzterer speichert in einer Liste vom Typ `MatrixRouteEdge` mehrere Routingnetz-Kanten, die, nach Abschluss der Berechnungen, den kürzesten Weg darstellen.

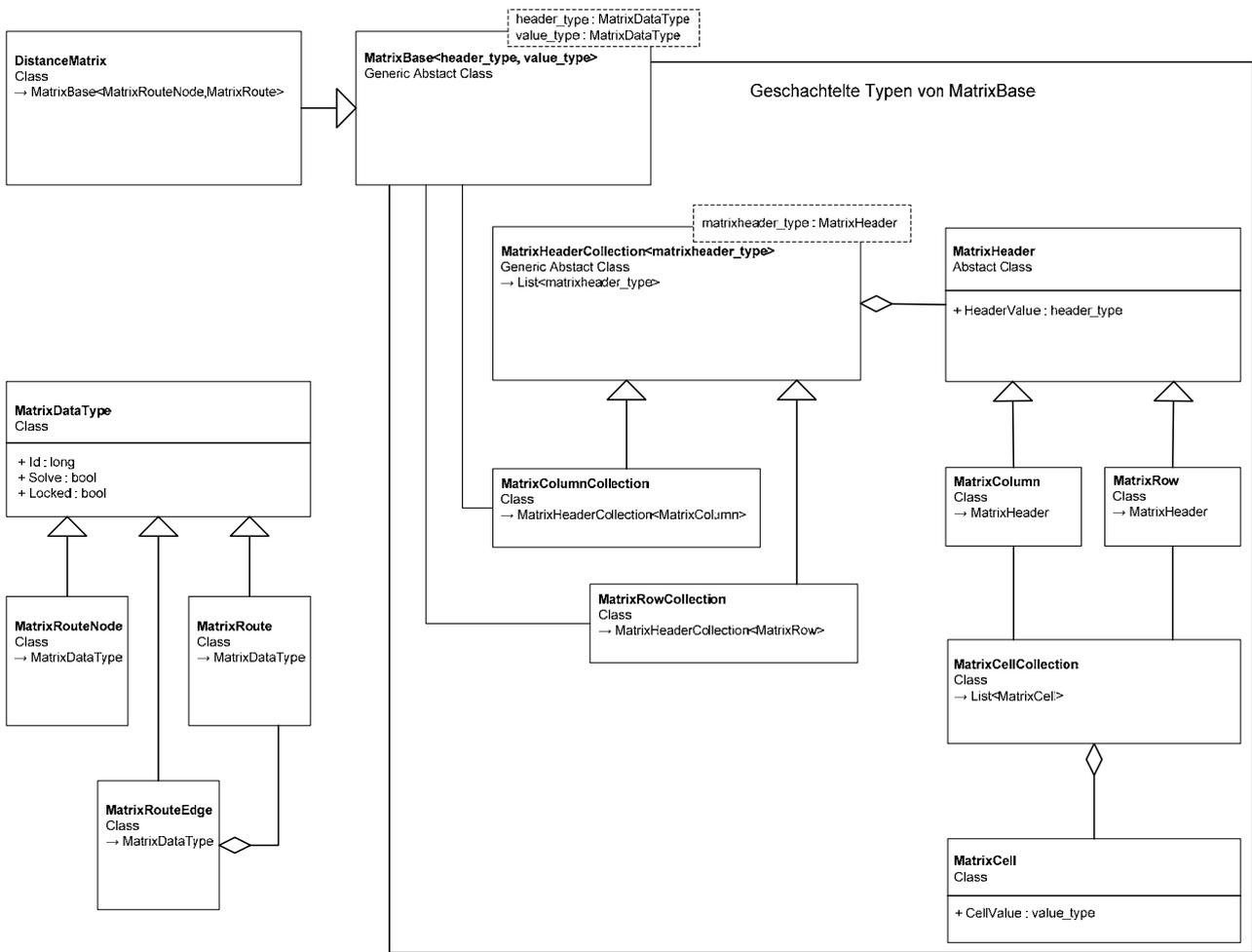


Abbildung 5.2: Klassendiagramm der Distanzmatrix [Kreger, 2011]

Die Distanzmatrix ist somit ein elementarer Teil der Komponente Routing. Diese besteht aus einer generischen Klasse `RouteBuilder<PathAlgorithm>`, die von der Schnittstelle `IRouteBuilder` erbt und somit austauschbar ist. Mit Hilfe des Typparameters kann ein spezieller Algorithmus zur Wegberechnung angegeben werden. Der implementierte Algorithmus muss lediglich von der Schnittstelle `IRoutingPath` abgeleitet werden. Die beiden Schnittstellen-Definitionen sind in den Quelltextausschnitten Quellcode 5.2 und 5.3 abgedruckt.

```

// Schnittstelle zur Routing-Komponente
public interface IRouteBuilder
{
    // Berechnungs-Ereignisse für Beginn, Fortschritt und Ende der Berechnungen
    event RouteBuilderInterface RoutingPathCalculationBegin;
    event RouteBuilderInterface RoutingPathCalculationProceed;
    event RouteBuilderInterface RoutingPathCalculationFinished;

    // Distanzmatrix
    DistanceMatrix Distances {get;}

    // Berechnen der Pfade für einen Punkt in einem Thread, dies macht eine parallele
    // Berechnung für mehrere Punkte möglich
    void CalculatePathesToNode(long nodeId);

    // Berechnen der Pfade für einen Punkt ohne Thread
    void CalculatePathesToNodeSynchronized(long nodeId);

    // Methode zur Abfrage eines Weges zwischen zwei Knoten
    MatrixRoute GetShortestRoute(long startNodeId, long endNodeId);
}

```

Quellcode 5.2: Schnittstelle der Routing-Komponente

```

// Schnittstelle der Algorithmen zur Pfadberechnung
public interface IRoutingPath
{
    // Events für den Status der Pfadberechnung
    event RoutingPathCalculationHandler RoutingPathCalculationBegin;
    event RoutingPathCalculationHandler RoutingPathCalculationProceed;
    event RoutingPathCalculationHandler RoutingPathCalculationFinished;

    // Methode zum Berechnen einer Zeile in der Matrix
    void calculatePaths();

    // Distanzmatrix
    DistanceMatrix Distances { get; set; }

    // Die ID des Knotens (der Zeile) in der Matrix
    long RowNodeId { get; set; }
}

```

Quellcode 5.3: Schnittstelle der Algorithmen zur Pfadberechnung

Bei der Implementierung des Dijkstra-Algorithmus wurde die Umsetzung aus [Krause, 2009] für die Verwendung der neuen Distanzmatrix angepasst. Eine grundlegende Änderung ist, dass bereits berechnete Pfade, die Teilpfade von anderen Wegen sind, nicht mehr neu berechnet werden müssen, sondern direkt übernommen werden können. Mit zunehmender Zeilenberechnung wird somit die Pfadermittlung zunehmend schneller.

Nach erfolgreicher Berechnung enthält eine Zeile eines Zielknotens in der Distanzmatrix alle kürzesten Wege von jedem beliebigen Knoten im Routingnetz.

Eine Routenführung über mehrere Geschosse wird durch Kanten zwischen zwei Knoten in den jeweiligen Stockwerken erreicht.“

5.6. Ortungssysteme

Das vorliegende Wartungs-Leitsystem Brandschutz hat eine Anbindung an verschiedene externe Ortungssysteme erhalten. Dazu wurde das in Kapitel 4.2.6 entworfene Konzept umgesetzt und entsprechende Komponenten entwickelt. Mittels der Komponenten können beliebige Systeme angeschlossen und deren meist proprietären Informationen in verwendbare Daten umgewandelt werden.

Eine Umsetzung dieser Anbindung wurde beispielhaft für das RFID-Ortungssystem INTELLIFIND^{RTLS} von der Firma Identec Solutions AG (siehe Kapitel 3.5) mit Hilfe eines Webservices durchgeführt.

Im Folgenden wird der Prozess der Übergabe von Ortungsergebnissen an den Webservice und deren Weiterverarbeitung kurz erläutert.

Nach durchgeführtem Ortungsprozess löst der Ortungsserver ein Positions-Ereignis aus und ruft automatisch eine externe Webmethode auf. Dieser Methode werden u.a. Informationen wie die Ortungszeit, die ID des Ortungsgeräts und dessen Position übermittelt. Diese Daten werden, analog zur Datenverarbeitung (Kapitel 5.3), in einem vorkonfigurierten DataSet, der Datenkategorie `LocatingAndDevices`, gespeichert und dann der allgemeinen Datenbankschnittstelle per Webservice übergeben [Kreger, 2011].

5.7. Anwendungen

Wie bereits in Kapitel 4.2.1 erwähnt, bietet sich eine Trennung der Anwendungssoftware für verschiedene Nutzergruppen an. Dies hat den Sinn der Bereitstellung von Informationen in unterschiedlichen Detailierungsgraden, unterschiedliche Bedienbarkeiten und ein unterschiedlicher

Programmablauf. Daher werden für die beiden Hauptbenutzergruppen, Administrator und Servicetechniker, jeweils eigene Applikationen entwickelt.

Für den Betreiber einer Brandschutzanlage sind in erster Linie möglichst viel Informationen über das Gebäude und die verwendeten Ortungstechniken wichtig. Hingegen sind für den Servicetechniker ein einfaches Handling und eine übersichtliche Oberfläche notwendig. Beide Anwendungen sollten eine Kartendarstellung erhalten, wobei bei der mobilen Wartungssoftware (Servicetechniker) die Karte für die Orientierung im Gebäude als elementar anzusehen ist, diese in der Administrationsoberfläche jedoch lediglich als Visualisierung der Gebäudeinformationen genutzt wird.

Im Folgenden werden die umgesetzten Anwendungen anhand ausgewählter Bildschirmaufnahmen erläutert.

Beim Starten der Applikation wird der Benutzer zunächst mit einem Startfenster begrüßt, in dem er die gewünschte Anwendung wählen kann (siehe Abbildung 5.3).

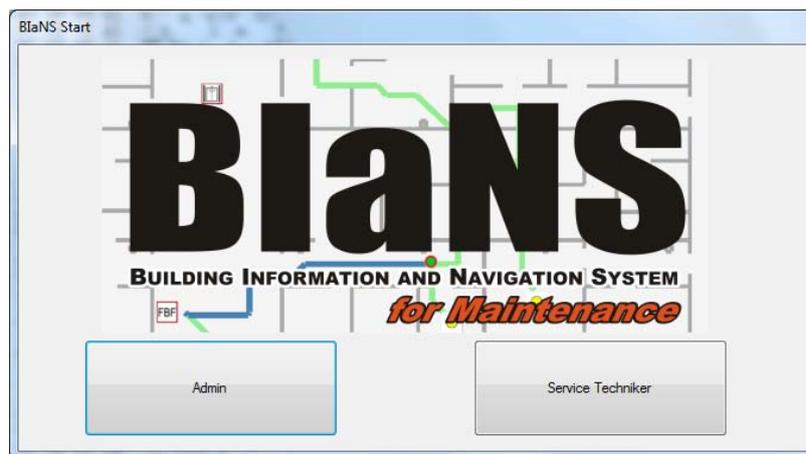


Abbildung 5.3: Startbildschirm der BiaNS Anwendungen

5.7.1. Anwendung zur Administration

Diese Applikation ermöglicht das Verwalten des Datenbestands und beinhaltet Funktionen für das Überprüfen und Neuanlegen von Wartungsaufträgen. Sie wurde mit einer detaillierten Daten- und einer Kartenansicht ausgestattet. Hierfür wurde der Bildschirm mit Hilfe eines SplitContainers in zwei Bereiche eingeteilt (Abbildung 5.4). Die Datenansicht kann zu Gunsten einer großen Kartenansicht ausgeblendet werden.



Abbildung 5.4: Aufteilung des Bildschirms bei der Administrator Anwendung

Wie in Kapitel 5.4 erwähnt, findet sich in der Kartenansicht eine Steuerungskomponente, die individuelle Einstellungen wie Vergrößern und Drehen des Grundrisses durch den Benutzer erlaubt. Weiterhin kann unmittelbar auf ein bestimmtes Stockwerk mittels Auswahlfeld zugegriffen werden.

Die Datenansicht besitzt vier Karteireiter für die Bereiche Datenbank-Explorer, Wartung und Inspektion, Routing und Ortung.

Datenbank-Explorer

Im Bereich Datenbank-Explorer kann sich der Nutzer alle in der Datenbank vorhandenen Daten detailliert anzeigen lassen. Mittels einer Baumansicht können alle Gebäudeelemente, vom Campus ausgehend, eingeblendet werden. Der Übersichtlichkeit halber werden die Ergebnisse nach Datenkategorien (Building Information Model (BIM), Routing, Brandschutz und Ortung) strukturiert und entsprechend dargestellt. Zu einem gewählten Objekt werden entsprechend zugehörige Informationen und Abhängigkeiten in der Baumansicht eingeblendet und diese auch in der Kartenansicht durch eine Farbmarkierung visuell hervorgehoben.

Abbildung 5.5 zeigt eine solche Darstellung mit ausgewählter Routingnetzkannte und den dazugehörigen ausgewählten Objekten.

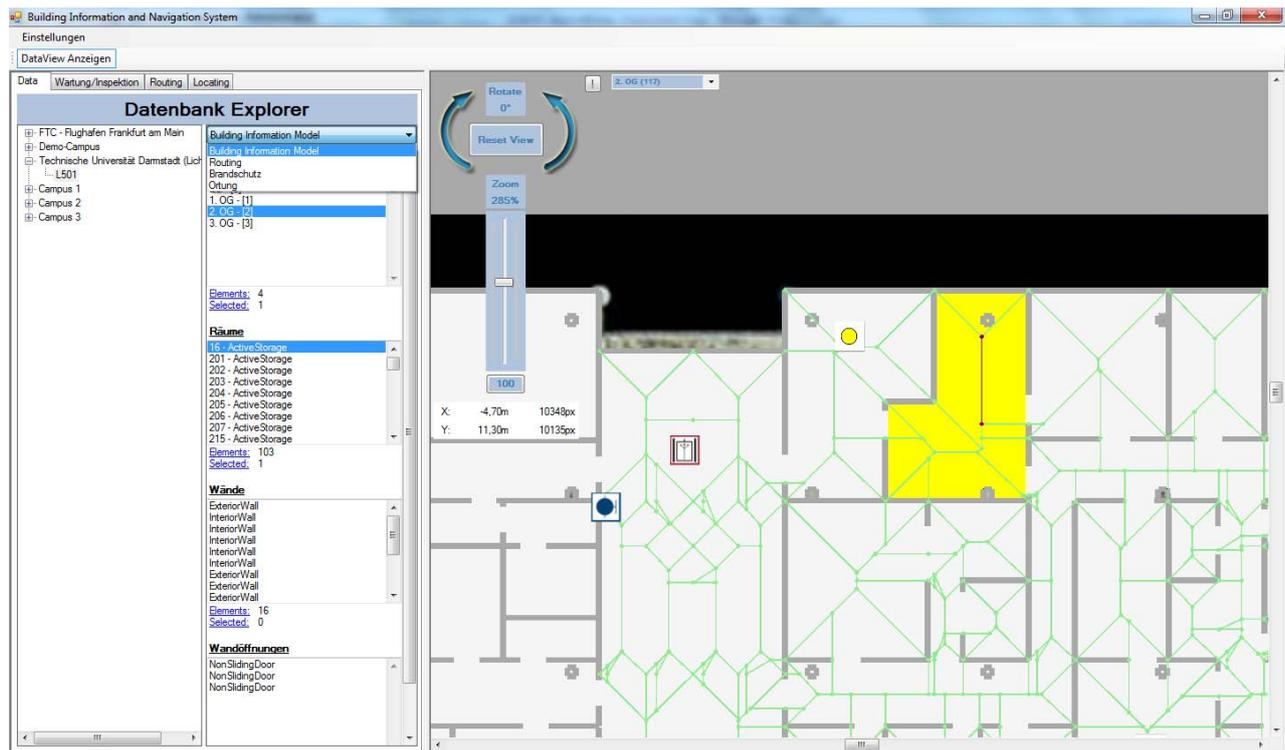


Abbildung 5.5: Datenbank-Explorer und Kartenansicht mit selektierten Objekten

Wartung und Inspektion

In der Ansicht für Wartungs- und Inspektionsaufträge werden die in der Datenbank vorhandenen Servicetechniker und Aufträge angezeigt. Bei Auswahl eines bestimmten Auftrags erscheinen dessen Serviceobjekte (Brandschutzelemente), über die wiederum weitere Informationen über zurückliegende und die aktuelle Inspektion ersichtlich sind. Abbildung 5.6 zeigt die Wartungs- und Inspektionsansicht mit einem ausgewählten Serviceobjekt und zugehörigem geöffnetem Detail-Dialog.

Der Status eines Auftrags oder eines Serviceobjekts ist im Listeneintrag jeweils durch ein spezielles Symbol gekennzeichnet. Tabellen 5.2 und 5.3 geben eine Übersicht zu den verwendeten Statussymbolen in der Auftrags- und der Serviceobjektliste.

Hier steht dem Verwalter außerdem u.a. die Möglichkeit zu, Servicetechniker hinzuzufügen oder zu bearbeiten, aber auch Wartungsaufträge zu erstellen, zu bearbeiten oder zu löschen.

Symbol	Auftrag-Status
	Der Auftrag wurde noch nicht begonnen.
	Der Auftrag läuft gerade.
	Der Auftrag wurde beendet, es sind keine Fehler aufgetreten.
	Der Auftrag wurde beendet, allerdings ist bei mindestens einem Serviceobjekt ein Fehler aufgetreten.

Tabelle 5.2: Statussymbole der Aufträge

Symbol	Serviceobjekt-Status
	Prüfung war fehlerfrei
	Prüfung steht noch aus
	Bei der Prüfung sind Fehler aufgetreten

Tabelle 5.3: Statussymbole der Serviceobjekte

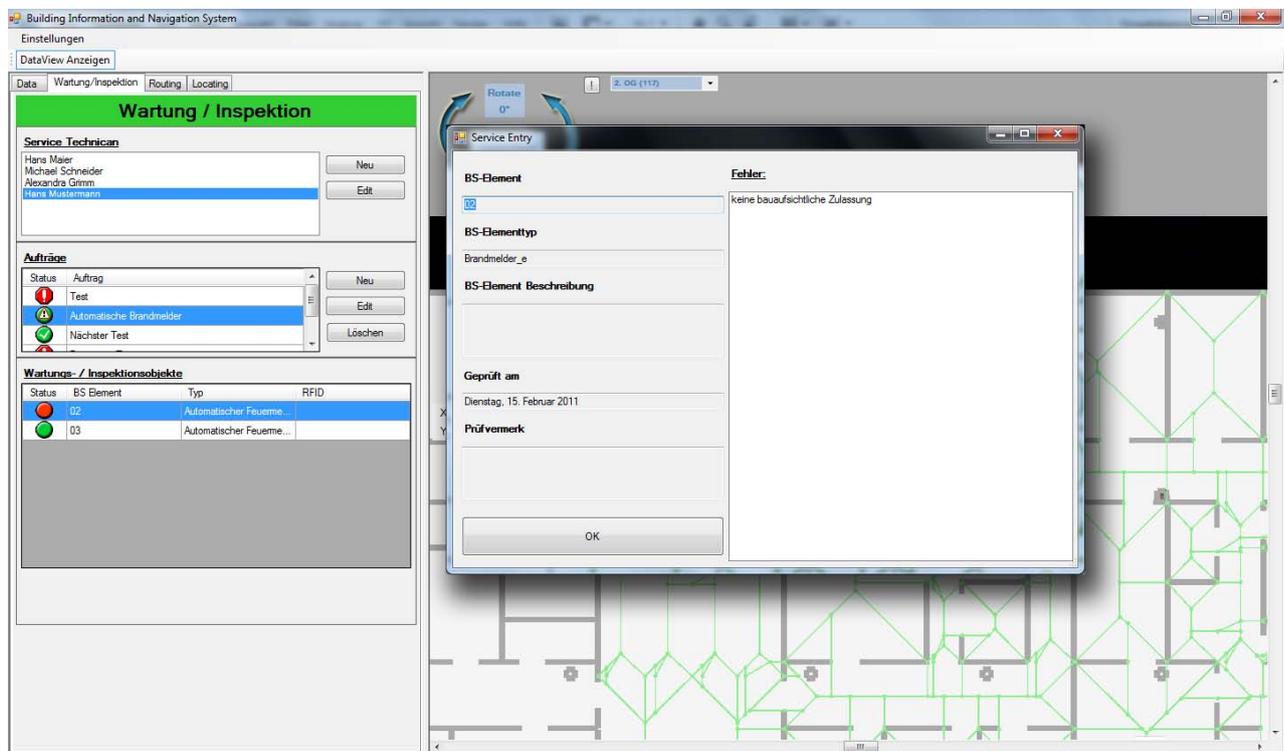


Abbildung 5.6: Wartungs- und Inspektionsansicht

Routing

Die Routingansicht dient dem Administrator als Testumgebung und bietet die Möglichkeit sich verschiedene Wege durch das Gebäude anzuzeigen zu lassen. Diese können z.B. für eine spätere Kalkulation der Auftragsdauer herangezogen werden. Durch Wahl eines Zielknotens per Mausklick aus der Karte oder der Liste wird das gesamte Routingnetz (Distanzmatrix) bzw. alle Wege zu dem gewählten Zielknoten berechnet. Erst jetzt ist die Wahl eines Startknotens möglich. Durch die spätere Angabe eines Startknotens kann der spätere Prozess der Alternativberechnung eines Weges durch sich ständig ändernde Positionen des Servicetechnikers (bei Nutzung eines Ortungssystems) beschleunigt werden. Alternativ kann hierbei auch ein Startknoten in der Karte durch Mausklick oder aus der Liste gewählt werden.

Abbildung 5.7 zeigt die Routingansicht mit Darstellung der Kartenansicht für einen berechneten Weg von einer georteten Position zu einem Brandschutzelement.

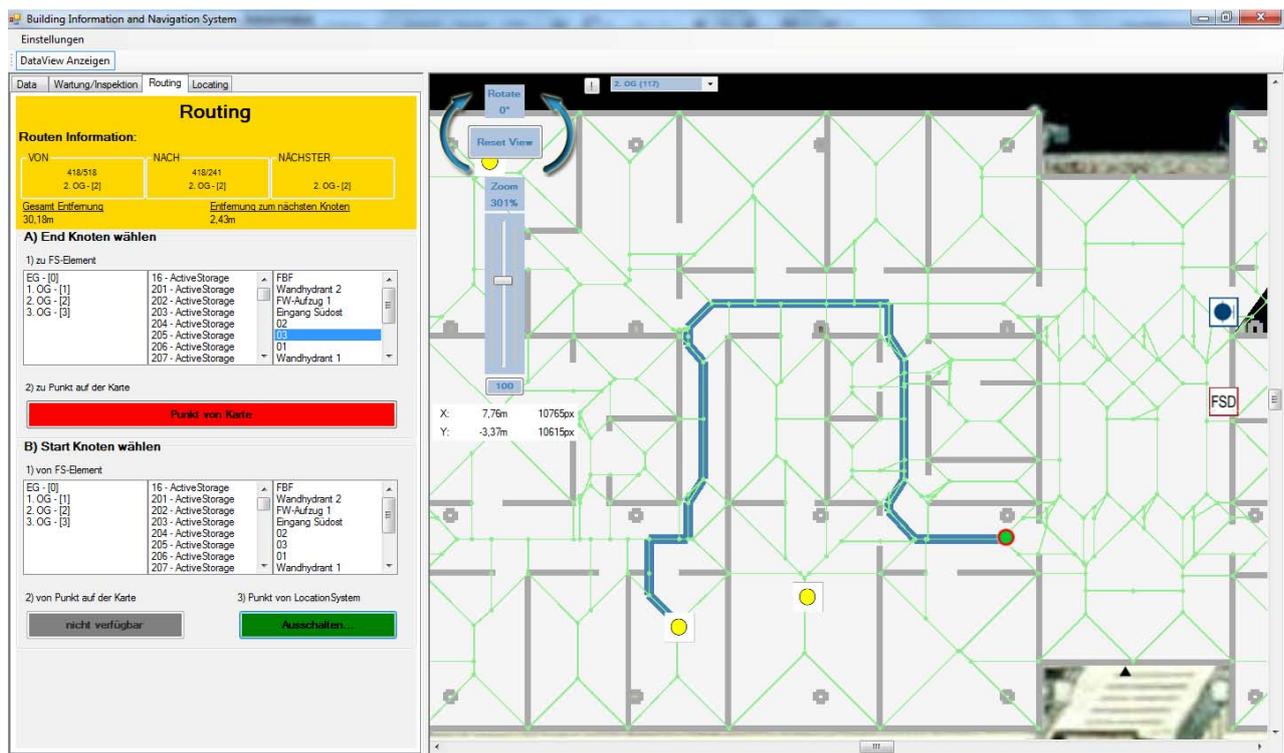


Abbildung 5.7: Routingansicht

Locating

Die Locating Seite bietet die Möglichkeit, verschiedene angeschlossene Ortungssysteme auf ihre Funktion zu prüfen. Die georteten Positionen können in Echtzeit auf der Karte nachverfolgt werden. Daher ist die Ansicht im produktiven Einsatz auch dafür geeignet z.B. einen Servicetechniker, der mit

einer Auftragsbearbeitung beschäftigt ist, im Gebäude zu orten. Desweiteren werden in einer Tabelle weiterführende Informationen zu einem bestimmten Ortungsgerät angezeigt.

Weiterhin bietet diese Ansicht auch die Möglichkeit der Aufzeichnung von Routen (z.B. für Simulationszwecke). Dazu sind der Livemitschnitt eines Ortungssystems oder die Aufzeichnung von Mausklicks auf der Karte möglich. Die Aufzeichnungen werden per XML Datei gespeichert und können in der gleichen Ansicht jederzeit wiedergegeben werden.

Abbildung 5.8 stellt die Location Ansicht dar. Die geortete Position einer Person wird hierbei in Form eines grünen Punkts mit roter Umrandung dargestellt.

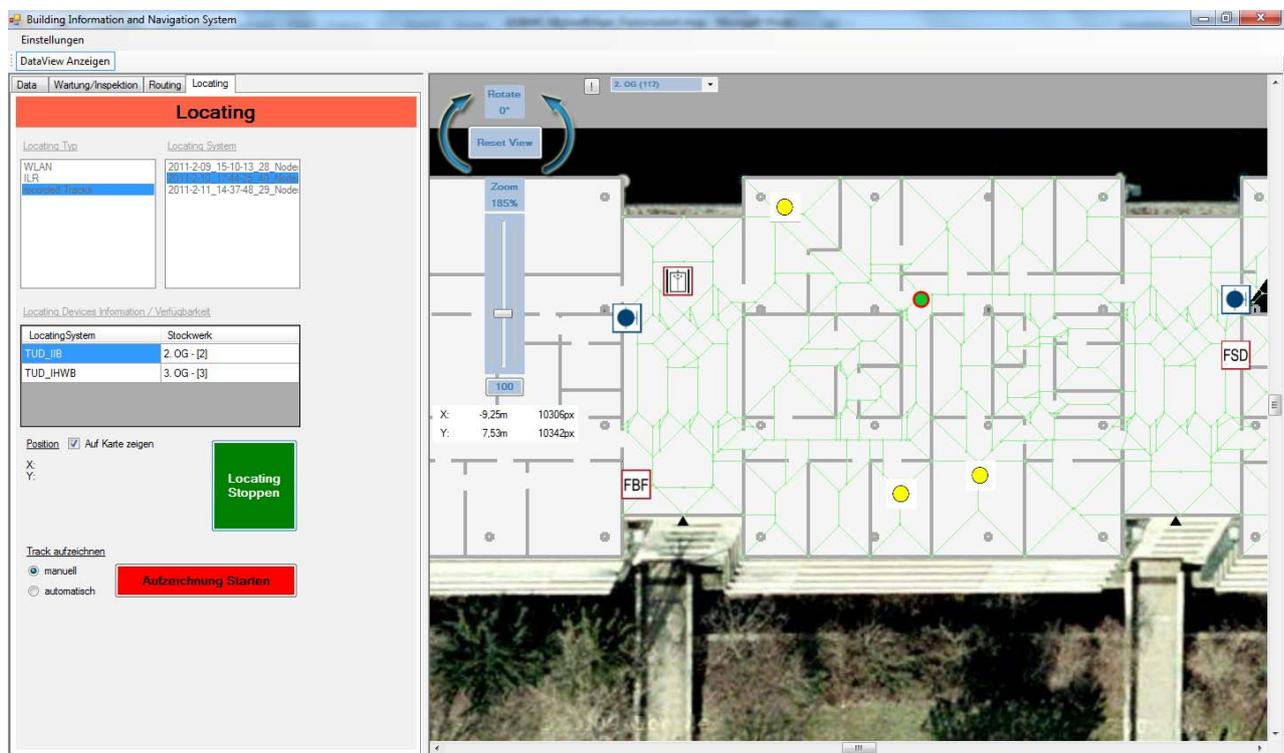


Abbildung 5.8: Ansicht der Ortungssysteme

Verwalten der Schadenscodes

Die letzte Ansicht bietet dem Administrator die Möglichkeit zur Verwaltung von Schadenscodes. Diese sind in der Datenbank in verschiedenen Schadenskategorien gespeichert und ermöglichen eine schnelle Dokumentation für den Servicetechniker.

Abbildung 5.9 zeigt die Verwaltung von Schadenscodes.

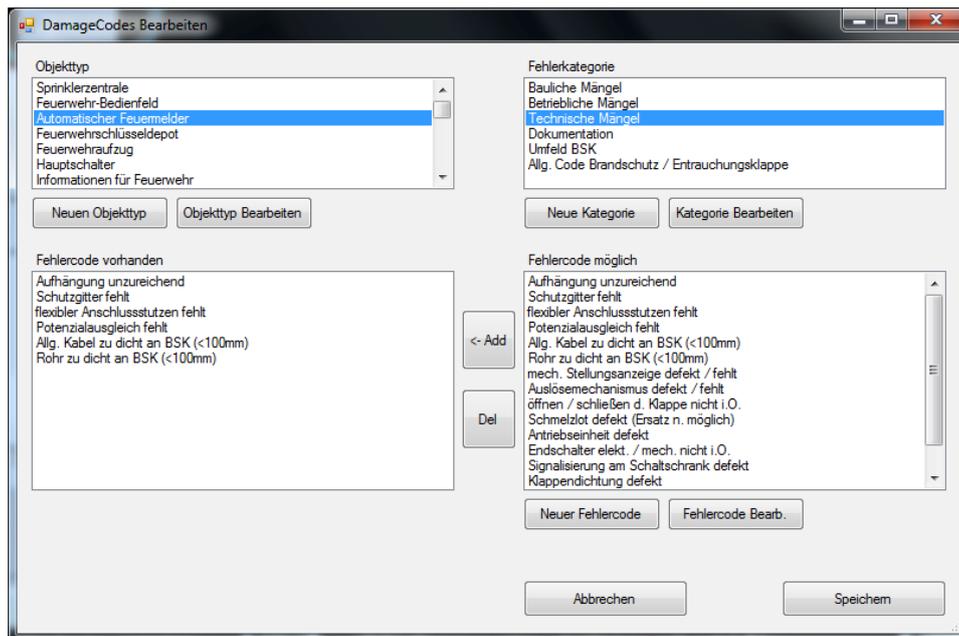


Abbildung 5.9: Verwalten der Schadenscodes

5.7.2. Mobile Anwendung

Die Anwendung für Servicetechniker gliedert sich in die Bereiche Kartenansicht und Steuerung (siehe Abbildung 5.10). Es wurde hierbei großen Wert auf eine einfache Bedienbarkeit gelegt. Zudem wurde die Anwendung für eine Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel optimiert, so dass sie auf den meisten Tablet-PCs problemlos ausgeführt werden kann.



Abbildung 5.10: Bildschirmaufteilung der mobilen Anwendung

Der Programmablauf wurde dem Prozess eines Wartungsauftrages angepasst und ist wie folgt:

1. Anmeldung durch den Benutzer mit Benutzername und Passwort.
2. Auswählen eines unvollständigen Serviceauftrags.
3. Wählen einer Startposition des Rundgangs (z.B. Gebäudeeingang), welcher gleichzeitig auch das Ziel ist.
4. Berechnung der Wartungsrouten.
5. Wählen eines Ortungssystems.
6. Wegführung zum ersten Serviceobjekt.
7. Dokumentation des Wartungs- bzw. Inspektionsergebnisses.
8. Die Punkte 6 und 7 wiederholen sich bis alle Serviceobjekte abgearbeitet wurden.
9. Beendigung des Auftrags.

Ein besonderes Merkmal im Programmablauf ist der automatische Wechsel von der Kartenansicht zur Dokumentationsansicht bei Erreichen eines Serviceobjekts. Die Dokumentationsansicht füllt den kompletten Bildschirm und wird erst wieder ausgeblendet, wenn der Auftrag an dem Serviceobjekt abgeschlossen ist. Abbildung 5.11 zeigt die Dokumentationsansicht.

Mittels einer Verifikation (per RFID oder Barcode) des Servicetechnikers am Brandschutzelement, wird eine Verwechslung der zu inspizierenden Brandschutzelemente ausgeschlossen. Die Verifikation findet automatisch statt, sobald der Benutzer die Schaltfläche drückt. Hierbei wird, je nach eingetragener Methode, entweder ein Barcodescanner oder ein RFID-Lesegerät abgefragt [Kreger, 2011].

Bestätigt das System die Richtigkeit des Brandschutzelements, kann der Servicetechniker mit der Erstellung seines Berichts beginnen. Ihm stehen dazu in einer Listenansicht auf der Oberfläche entsprechend vorgegebene Fehlercodes zur Verfügung.

Der untere Bereich der Bedienoberfläche umfasst eine Historie zum aktuell zu bearbeitenden Objekt. Diese Historie beinhaltet alle Ergebnisse der vergangenen Inspektionen und Wartungen. Dies soll den Servicetechniker auf eventuelle Schwachstellen hinweisen.

MaintenanceTour

Service-Objekt 1 / 1 - **Leistung: Jahres-Inspektion**

Brandschutzelement Information

ID: 372 

Name: 02

Beschr.:

BSE Typ: Brandmelder_e

Beschr.: Automatischer Feuermelder

BSE Verifikation (RFID/Barcode)

Verifiziert

RF/BC-ID: 0.200.160.587

Typ: i-Q8

Beschr.: RFID für WO

Scannen

Scannen nicht möglich

Bericht Fehlercode:

Alle Kategorien

- Rev.-öffnung in Decke fehlt / verdeckt
- Einmörtelung nicht in Ordnung
- Funktion bei Bautyp nicht prüfbar
- keine bauaufsichtliche Zulassung
- Aufhängung unzureichend

Ergänzender Text:

Einputzung bröckelt

Speichern

Brandschutzelement Historie

Datum	Status	Leistung	Einträge	Text
2011-02-15		Wartung	1 Einträge	<input checked="" type="checkbox"/>
2011-02-10		Leistung 1	0 Einträge	<input checked="" type="checkbox"/>
2011-02-10		Inspektion aller automatischen Brand...	1 Einträge	<input checked="" type="checkbox"/>

ergänzender Text

Fehlercodes

keine bauaufsichtliche Zulassung

Abbildung 5.11: Dokumentationsansicht

6. Evaluation

6.1. Praxistest

Es wurde ein Praxistest mit dem entwickelten Prototypen am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der TU Darmstadt durchgeführt. Nachfolgend werden die Testumgebung, das Testszenario und die Testdurchführung eines Testlaufes beschrieben.

6.1.1. Testumgebung

Die Räumlichkeiten des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen befinden sich auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt. Es handelt sich um ein siebengeschossiges Gebäude, in dem im zweiten Obergeschoss die Institutsräume liegen. Aufgrund einer Vielzahl unterschiedlicher Typen von Innenwänden (u.a. Beton, Mauerwerk, Leichtbau) und der Möglichkeit, vorhandene Technische Infrastruktur, aber auch die Räumlichkeiten problemlos mit erforderlicher zusätzlicher Infrastruktur auszustatten, sind diese Räumlichkeiten für Versuche bestens geeignet.

Die Versuchsfläche gliedert sich auf in einen langen sich verzweigenden Flur, an den seitlich Büros, Technik- und Sanitärräume unterschiedlicher Größe angrenzen (siehe Abb. 6.1).

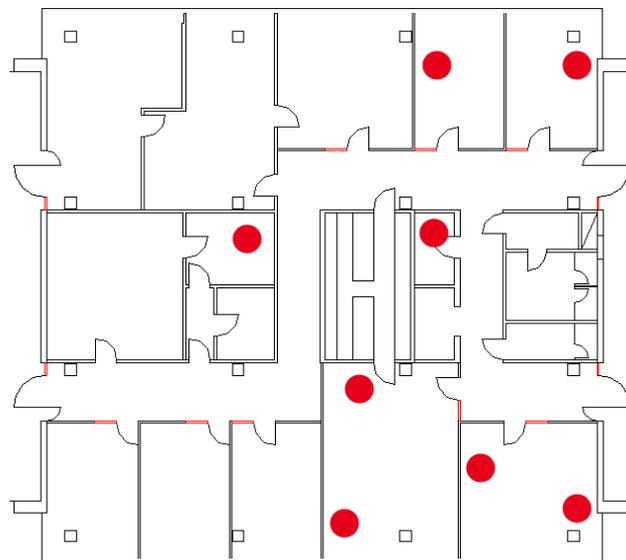


Abbildung 6.1: Grundriss der Versuchsfläche mit angeordneten Ortungskomponenten

Im Rahmen des Praxistests wurde die Institutsfläche mit dem von Identec Solutions entwickelten RFID-Ortungssystem INTELLIFIND^{RTL5} ausgestattet (siehe Kap. 3.5). Es wurden insgesamt sieben i-SATs und ein i-PORT sinnvoll auf der zu betrachtenden Fläche angeordnet. Sie wurden jeweils in einer Höhe von 2 m an der Decke herabhängend befestigt und an das Stromnetz angeschlossen. Möglichst mittig auf der zu überwachenden Fläche wurde der i-PORT in gleicher Weise angebracht, dieser jedoch auch mit einer LAN-Verbindung zum Server verbunden.

6.1.2. Testscenario

Das Testscenario basiert auf folgender Situation: Einem ortsunkundigen Wartungsmitarbeiter einer Fremdfirma wird die Wartung von insgesamt 5 Brandschutzeinrichtungen übertragen (1 Feuerlöscher, 2 Brandmelder, 1 Wandhydrant mit Druckschlauch-W, 1 Sprinklerkopf). Für die Durchführung seiner Tätigkeiten wird er mit einem mobilen Endgerät, einem aktiven RFID-Tag (zur Ortung) und der in diesem Forschungsprojekt prototypisch entwickelten Wartungssoftware ausgestattet. Das RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz soll ihn hinsichtlich der Orientierung unterstützen und ihn durch Bereitstellung der kürzesten Wartungsrundreise, und Ermittlung und Anzeige der aktuellen Position eine schnelle Erreichung der Wartungsobjekte ermöglichen. Im Rahmen des eigentlichen Wartungsvorgangs soll der Mitarbeiter durch ein digitales Wartungsformular unterstützt und eine Verifizierung der tatsächlichen Anwesenheit am richtigen zu wartenden Brandschutzobjekt durchgeführt werden.

6.1.3. Testdurchführung

Zur Durchführung des oben beschriebenen Testscenario wurde der Wartungsmitarbeiter mit der beschriebenen Technik ausgestattet und ihm zuvor über die entwickelte Software ein Wartungsauftrag mit den entsprechenden zu wartenden Brandschutzobjekten angelegt.

Zu Beginn der Wartung meldete sich der Wartungsmitarbeiter in der Software an (Personalisierung), gab einen Startpunkt an und ließ automatisch eine Route ermitteln (Abbildung 6.2).

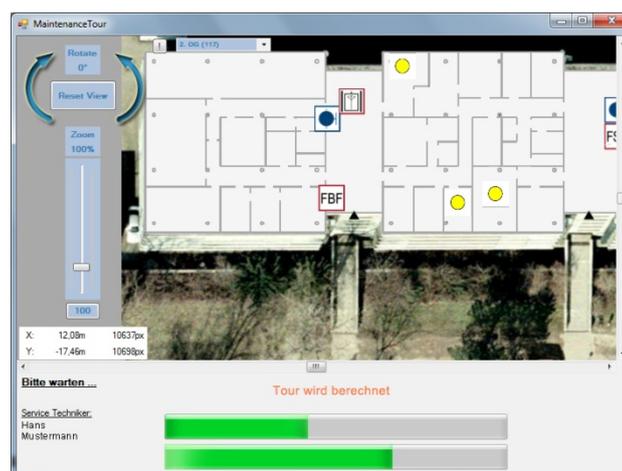


Abbildung 6.2: Routenberechnung

Im Folgenden wurde der Servicetechniker mittels Ortung und Navigation auf seinem Weg zu den einzelnen Wartungsobjekten begleitet (Abbildung 6.3). Verließ er den vorgeschlagenen Weg, ermittelte das System automatisch die auf die neue Position angepasste kürzeste Reistrundreise.

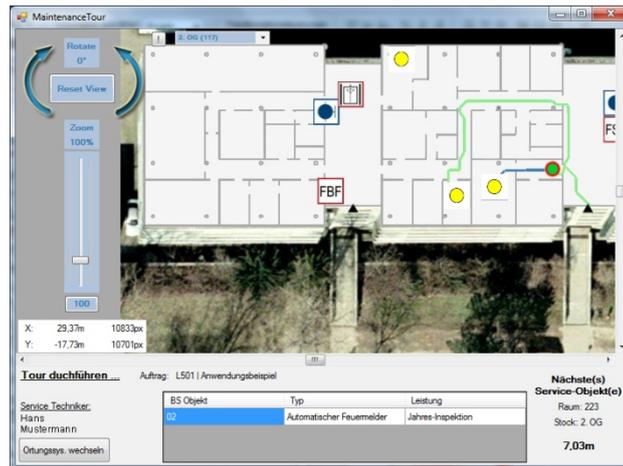


Abbildung 6.3: Screenshot des Navigationsmodus

Näherte sich der Servicemitarbeiter seinem Wartungsobjekt auf einen systemseitig festgelegten Abstand, so änderte sich die Anzeige automatisch und es wurde der Serviceauftrag / Wartungsvorgang für dieses entsprechende Objekt angezeigt. Durch den eingebauten RFID Scanner zur Identifikation des Objekts wurde eine Verifikation der tatsächlichen Anwesenheit am Objekt und gleichzeitig eine Kontrolle des richtigen Objekts durchgeführt. Mittels der vordefinierten Schadenscodes wurden die Wartung des Objekts und die Protokollierung innerhalb des EDV-Systems vorgenommen (Abbildung 6.4).

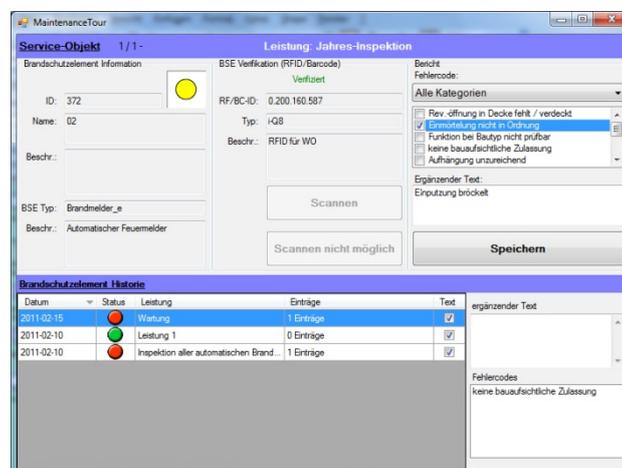


Abbildung 6.4: Screenshot eines Wartungsvorgangs

Es war dem Servicetechniker in dieser Testdurchführung möglich, in kürzester Zeit alle Wartungsobjekte abzulaufen, eine präzise Fehlerprotokollierung an den Wartungsobjekten aufzunehmen und jederzeit den gesamten Wartungsauftrag zu überblicken.

6.2. Genauigkeitsmessungen

Neben der Erprobung unter praxisnahen Bedingungen wurden auch Messungen durchgeführt, um eine Aussage über die Positionierungsgenauigkeit des eingesetzten Systems machen zu können, diese werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

6.2.1. Reichweiten- und Genauigkeitsmessung

Zur Ermittlung der mit der Reichweite in Verbindung stehenden Erfassungsgenauigkeit wurden mit den Praxispartnern Identec Solutions und Fraport Feuerwehr gemeinsam entsprechende Messungen auf dem Gelände des Frankfurter Flughafens durchgeführt.

Dazu wurde als Versuchsequipment ein mit sechs RFID-Transpondern hinter der Windschutzscheibe bestückter Feuerwehr LKW und eine Drehleiter der Feuerwehr mit drei am Drehleiterkorb befestigten und in geschützten Behältern eingebauten i-SATs genutzt (siehe Abbildung 6.5).



Abbildung 6.5: Versuchsequipment der Reichweiten- / Genauigkeitsmessung
(links: Mit Transpondern bestückter LKW; rechts: Mit i-SATs bestückte Drehleiter)
(Bildquelle: Hr. Fabian, Identec Solutions)

Durch unterschiedliche Konstellationen von Ausrichtungen der beiden Fahrzeuge zueinander, wurde bei diesen Messversuchen u.a. jeweils die Signalstärke bei bekannter Entfernung ermittelt. Hieraus wurde es dem Praxispartner Identec Solutions durch weitere Berechnungen möglich, eine Verbesserung seines Systems durch Beachtung bzw. Kenntnisse hinsichtlich Reflektion und Dämpfung bei Materialien wie Glas zu erreichen. Diese Verbesserungen flossen im Verlauf des Forschungsprojekts auch in die zur Ortung von Personen innerhalb von Gebäuden eingesetzte Soft- und Hardware ein. Abbildung 6.6 stellt die unterschiedlichen Anordnungen der Fahrzeuge zueinander grafisch dar.

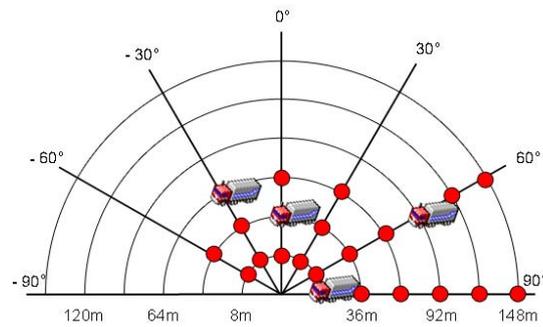


Abbildung 6.6: Anordnung der Messpositionen

Die Nutzung einer Drehleiter (siehe Abbildung 6.7) zu diesem Messversuch gab eine höhere Sicherheit zur unabhängigen Messung hinsichtlich Multireflektion und Dämpfung durch Fremdkörper im Umfeld der Messung (Boden, Straßenbelag, Gebäude, Bäume etc.). Es war somit jederzeit eine Sichtverbindung gewährleistet.



Abbildung 6.7: Durchführung einer Messung

6.2.2. Auswirkungen von unterschiedlichen Gebäudestrukturen auf das RFID-System

Ein auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt durchgeführter Test zur Ermittlung der Einflüsse unterschiedlicher Baumaterialien auf die Ortung mit RFID ist in Kapitel 3.5.3 zu finden.

7. Ergebnisse und Erkenntnisse

Während der Evaluation des RFID-Wartungs-Leitsystems Brandschutz, die gemeinsam mit den Praxispartnern durchgeführt wurde, zeigte sich, dass eine Verwaltung und Durchführung von Wartungsaufträgen nur mithilfe eines digitalen Systems optimal durchführbar ist. Der bisher papierbasierte Wartungsprozess besitzt zu viele Medienbrüche und somit eine sehr hohe Zahl an potentiell möglichen Fehlerquellen. Diesbezüglich ergaben sich während der Praxistests und in Gesprächen mit den Praxispartnern folgende Vorteile.

Hinsichtlich des Verlaufes des Wartungsauftrags:

- Durch die Kombination aus Ortung und Navigation wird es den Servicekräften möglich, auf kürzestem Wege und in kürzester Zeit alle betroffenen Wartungsobjekte abzulaufen und somit den Wartungsauftrag optimal abzuschließen.
- Es können keine Wartungsobjekte vergessen oder absichtlich unbeachtet gelassen werden. Dies erhöht die Qualität der Wartung und bietet eine Kontrollfunktion der erfolgreichen Auftragsdurchführung.
- Durch Detektion des RFID-Tags am Wartungsobjekt ist eine Erfüllung der Nachweispflicht zur Wartung auch bei Fremdfirmen sichergestellt. Dies steht in Kombination mit einer Verifikation der tatsächlichen Anwesenheit des Servicemitarbeiters am entsprechenden Objekt.
- Verwendung von stets aktuellen Gebäudedaten durch Import mittels Schnittstellen zu Facility-Management- und CAD-Softwaresystemen. Die Zusammenführung von wartungsrelevanten Informationen über Gebäudedaten und Wartungsprotokollen ermöglichen eine optimale Nutzung.

Hinsichtlich der Wartungsprozesse:

- Verwechslung von zu wartenden Objekten kann nahezu ausgeschlossen werden.
- Die digitale Dokumentation der Prüf- und Wartungsvorgänge mittels mobiler Endgeräte reduziert den Arbeitsaufwand und gewährleistet die fristgerechte Durchführung von Wartungsaufträgen.
- Dem Servicemitarbeiter stehen jederzeit sämtliche Daten der Wartungsobjekte zur Verfügung (Wartungshistorie).

Weiterhin bietet es folgende Vorteile:

- Verbesserter Überblick über die zu wartenden Brandschutzobjekte und deren Instandhaltungsintervalle. Die automatische Erinnerung an Wartungszeitpunkte ist möglich.
- Das System bietet einen zusätzlichen Mehrwert sowohl für den vorbeugenden Brandschutz (Wartung) und den abwehrenden Brandschutz (Einsatzfall) durch anwendungsfall-übergreifende Nutzung und Bereitstellung aller notwendigen Daten.
- Durch RFID-computergestützte Bestandsverwaltung der Brandmeldesysteme und brandschutztechnischen Einrichtungen werden die Aktualisierungszyklen überwacht und deutlich verkürzt, da die Wartungsdaten unmittelbar im System zur weiteren Nutzung vorliegen, keine spätere Eingabe von Papierlisten mehr erfolgt und somit die Fehlerquote gesenkt werden kann.
- Zusatzinformationen können direkt auf dem am Wartungsobjekt angebrachten RFID-Tag digital abgespeichert werden.

8. Zusammenfassung und Ausblick

8.1. Zusammenfassung

Im Rahmen von Brandschutzkonzepten werden die Betreiber von größeren und öffentlichen Gebäuden, aber auch Industriebauten meist zur Integration einer Brandmeldeanlage verpflichtet. Mithilfe dieser Anlage sollen im Gefahrfall die im Gebäude befindlichen Personen frühzeitig gewarnt werden können, eine zentrale Alarmierungsstelle (z.B. Leitstelle der Feuerwehr) kontaktiert und somit entsprechende Rettungskräfte herbeigerufen werden. Da eine solche Anlage einer sehr umfangreichen Instandhaltung bedarf, gehen mittlerweile viele Betreiber zum Outsourcing der Instandhaltungsaufgaben und insbesondere der Wartung von Brandschutzobjekten an Fremdfirmen über. Dies hat ebenfalls den Hintergrund, dass im Rahmen der Instandhaltung ein beachtlich großer Umfang an rechtlichen Bedingungen und damit auch die Forderung nach qualifiziertem, teils zertifiziertem Personal verbunden ist, was wiederum mit hohen Kosten für die eigene Personalvorhaltung zusammenhängt. Bei Fremdfirmen liegt zwar die geforderte Qualifizierung vor, doch handelt es sich meist um ortsunkundige Wartungskräfte. Schwierigkeiten hinsichtlich der Orientierung in großen komplexen Gebäuden und eine folgende aufwändige Suche nach den zu wartenden Objekten sind somit vorprogrammiert.

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurde sich mit der Verbesserung der Durchführung von Instandhaltungs-/Wartungsaufträgen in komplexen Gebäuden am Beispiel von Brandschutzobjekten beschäftigt. Es wurde ein EDV-gestütztes System als Ersatz für die bisher per papierbasierte Protokollierung entwickelt, das mittels Bereitstellung von Ortungs- und Navigationsfunktionen die Servicemitarbeiter bei ihrer Arbeit begleitet und leitet, aber auch während des eigentlichen Wartungsvorgangs eine Unterstützung bietet. Dazu wurden u.a. standardisierte Schadenscodes und eine RFID- und Barcode-basierte Wartungsobjektidentifikation integriert.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde eine neue RFID-basierte Ortungstechnik zur Ortung von Servicekräften in komplexen Gebäuden untersucht. Es wurde gezeigt, dass mittels der Kombination aus Ortung und Navigation Instandhaltungsaufträge qualitativ verbessert und zeitlich beschleunigt werden können.

Das erarbeitete Konzept des RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz wurde prototypisch umgesetzt und mit den Praxispartnern bei verschiedenen Testläufen evaluiert.

Durch die Einbeziehung namhafter Praxispartner (Flughafenfeuerwehr der Fraport AG, Bureau Veritas Brandschutzservices GmbH, Identec Solutions AG und innoTec GmbH) konnte eine praxisnahe Forschung sichergestellt und durchgeführt werden.

8.2. Ausblick

Die Arbeit am Forschungsprojekt und die erreichten Ergebnisse haben gezeigt, dass weitere Forschung in den Bereichen Ortung und Navigation, aber auch der Durchführung von Wartungsprozessen notwendig ist, um eine noch bessere Unterstützung der Servicekräfte bieten zu können und die Qualität der Instandhaltung noch weiter anzuheben.

Vor allem zeigte sich, dass eine Untersuchung im Bereich der mobilen Ortung, d.h. ohne fest installierte Ortungstechnik sinnvoll ist, da der nachträgliche Einbau von entsprechendem Ortungsequipment in Bestandsgebäuden aufgrund der Gebäudegeometrie und -einbauten sehr umfangreich werden kann. Diesbezüglich ist es sinnvoll zu untersuchen, wie praktikabel eine mobile ad-hoc Ortungsinfrastruktur ist.

Um eine einfache Möglichkeit des Datenaustausches verschiedener Ortungssysteme und -plattformen erzielen zu können, bietet sich die Entwicklung von Standards für RTLS Systeme an. Da immer mehr Hersteller auf diesen Markt vordringen, würde ein einheitlicher Standard den Anwendern mehr Flexibilität bei der Auswahl, auch in Hinblick auf die Umgebungsbedingungen beim Einsatz solcher Systeme bieten.

Für digitale Gebäudemodelle haben sich im Rahmen dieses Forschungsprojekts viele neue Anwendungsfälle und Einsatzmöglichkeiten gezeigt. Es erscheint daher als ebenfalls sinnvoll, Forschungen im Bereich der Gebäudemodelle (Building Information Modeling, BIM) zukünftig stärker voranzutreiben und mit anderen sinnvollen Informationen anzureichern und zu verbinden.

Die bisherige Forschung in den Bereichen „Kontextsensitives RFID-Gebäude-Leitsystem“ und „RFID-Wartungs-Leitsystem Brandschutz“ hat gezeigt, dass es einen großen Bedarf an Unterstützung der Einsatzkräfte und der Servicemitarbeiter in der Instandhaltung gibt. Während der Teilnahme auf Messen und Konferenzen wurde den beiden Forschungsprojekten großes Interesse seitens des Publikums, vor allem der Wirtschaft, aber auch von Vertretern von Sicherheitsorganisationen (BOS) gezeigt.

9. Literaturverzeichnis

[Adams, 2011]

H.-J. Adams Brandschutz-Technik; *Adams-Brandschutz-Technik - Sprinkleranlage*.

http://www.adams-brandschutz.de/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=89.

[Online Stand: 17.02.2011]

[Bastke & Staats, 2011]

Bastke & Staats GmbH: <http://www.bastke-staats.de/images/entrauchung.jpg>

Version: November 2009. [Online Stand: 18.02.2011]

[Berliner Feuerwehr, 2011]

Berliner Feuerwehr Öffentlichkeitsarbeit / Pressestelle: *Feuerlöscher*.

<http://www.berliner-feuerwehr.de/feuerloescher.html>. [Online Stand: 17.02.2011]

[BetrSichV, 2010]

Bundesrechtsverordnung: *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)*. Fassung zuletzt geändert am 26.11.2010 (BGBl. I S. 1643).

[Brandschutzleitfaden, 2006]

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung –BMVBS- und Bundesministerium der Verteidigung: *Brandschutzleitfaden. Baulicher Brandschutz für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von Gebäude des Bundes*. 3. Auflage, Berlin, Juli 2006.

[BSI, 2005]

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: *Maßnahmenkataloge, M 2 Organisation, M 2.15 Brandschutzbegehungen*.

<https://www.bsi.bund.de/ContentBSI/grundschutz/kataloge/m/m02/m02015.html>.

Version 2005. [Online Stand: 16.03.2011]

[bvfa, 2010]

Bundesverband Technischer Brandschutz e.V. (bvfa): *Die VdS-Richtlinie CEA 4001 im Vergleich zur DIN EN 12845*. April 2010.

[DIN 14406-4, 2009]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 14406-4: Tragbare Feuerlöscher – Teil 4: Instandhaltung*. Beuth Verlag, September 2009.

[DIN 14675, 2003]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 14675: Brandmeldeanlagen - Aufbau und Betrieb*. Beuth Verlag, November 2003.

[DIN 14675/A1, 2006]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 14675: Brandmeldeanlagen - Aufbau und Betrieb; Änderung A1*. Beuth Verlag, Dezember 2006.

[DIN 31051, 2003]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 31051: Grundlagen der Instandhaltung*. Beuth Verlag, Juni 2003.

[DIN EN 12101-1, 2006]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 12101-1: Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 1: Bestimmung für Rauchschürzen*. Juni 2006.

[DIN EN 12101-4, 2006]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 12101-1: Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 4: Festlegungen für Differenzdrucksysteme, Bausätze*. Dezember 2006.

[DIN EN 12845, 2009]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 12845: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Automatische Sprinkleranlagen – Planung, Installation und Instandhaltung*. Juli 2009.

[DIN VDE 0833-1, 2009]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.: *DIN VDE 0833 Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 1: Allgemeine Festlegungen*. VDE Verlag, Berlin, Offenbach, 2009.

[DIN VDE 0833-2, 2009]

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.: *DIN VDE 0833 Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 2: Allgemeine Festlegungen für Brandmeldeanlagen*. VDE Verlag, Berlin, Offenbach, 2009.

[DruckbehV, 1999]

Bundesrechtsverordnung: *Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen (Druckbehälterverordnung - DruckbehV)*. Fassung zuletzt geändert am 23.06.1999 (BGBl. I S. 1436).

[Eisennacher, 2006]

Eisennacher, M.: *Optimierung von Ultra-Wideband-Signalen (UWB)*. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Universität Fridericiana, Karlsruhe, 2006.

[Finkenzeller, 2008]

Finkenzeller, K.: *RFID Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*. Carl Hanser Verlag, 5. Auflage, München, 2008, ISBN 978-3-446-41200-2.

[Gerber, 2009]

Gerber, G.: *Brandmeldeanlagen: Planen, Errichten, Betreiben*. Hüthig & Pflaum, 2. Auflage, 2009.

[Hanhart et al., 2005]

Hanhart, D.; Legner, C.; Österle, H.: *Anwendungsszenarien des Mobile und Ubiquitous Computing in der Instandhaltung*. In: Pousttchi, Key (Hrsg.) ; Turowski, Klaus (Hrsg.). Bonn : Gesellschaft für Informatik, 2005. - 5. Konferenz Mobile Commerce Technologien und Anwendungen. - Augsburg, S. 45-58. - ISBN 3-88579-388-1.

[Helmus, 2008]

Forschungsprojekt RFID – InWeMo

<http://rfidimbau.de/pages/rfid-inwemo/forschungsziel.php>, 2008.

[Identec, 2011]

Identec Solutions AG

<http://www.identecsolutions.com>. [Online Stand: 22.02.2011]

[Jehle, 2008]

Forschungsprojekt RFID – IntelliBau

<http://rfidimbau.de/pages/rfid-intellibau/forschungsziel.php>, 2008.

[Kersken, 2010]

Kersken, S.: *IT-Handbuch für Fachinformatiker, Der Ausbildungsbegleiter; [EDV-Grundlagen, Netzwerktechnik, Programmierung; praxisorientiertes Lehr- und Nachschlagewerk; für Fachinformatiker der Bereiche Anwendungsentwicklung und Systemintegration]*. Galileo Press, Bonn , 2010, ISBN 9783836214209.

[Klingenberg, 2007]

Klingenberg, J.: *Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden*. Dissertation, Institut für Baubetrieb, TU-Darmstadt, Darmstadt, 2007.

[Klix, 2001]

Klix, W.-D.: *Konstruktive Geometrie darstellend und analytisch*. Carl Hanser Verlag, 2001, ISBN 3-446-21566-2.

[Krause, 2009]

Krause, D.: *Wartung und Instandhaltung im anlagentechnischen Brandschutz mit Mobile Computing und RFID*. Diplomarbeit, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU-Darmstadt, Darmstadt, Februar 2009.

[Kreger, 2011]

Kreger, M.: *Laufzeitbasierte Indoor-Navigation für die Wartung von Brandschutzeinrichtungen*. Diplomarbeit, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU-Darmstadt, Darmstadt, März 2011.

[Mayr u. Battran 2007]

Mayr, J.; Battran, L.: *Brandschutzatlas, Baulicher Brandschutz*. FeuerTRUTZ Verlag für Brandschutzpublikationen, Wolfratshausen, September 2007, ISBN 978-3-939138-01-3.

[Minimax, 2011a]

Minimax Mobile Services GmbH & Co. KG: *Minimax Kundeninformation – Sicherheit bei Feuerlöschern geht vor!* Minimax News, Februar 2011.

[Minimax, 2011b]

Minimax GmbH & Co. KG: Grafik „Feuerlöscher“.

<http://www.minimax-mobile.com/typo3temp/pics/5ba10cdeec.jpg>

[Online Stand: 15.02.2011].

[Minimax, 2011c]

Minimax GmbH & Co. KG: *Brandklassen*.

<http://www.minimax-mobile.com/Feuerloescher.31.0.html?&L=0>

[Online Stand: 15.02.2011].

[Minimax, 2011d]

Minimax GmbH & Co. KG: *Umweltfreundlich löschen mit Wasser*.

<http://www.minimax-mobile.com/Wasser.47.0.html?&L=0>

[Online Stand: 15.02.2011].

[Nävy, 2006]

Nävy, J.: *Facility Management – Grundlagen Computerunterstützung Systemeinführung Anwendungsbeispiele*. 4. Auflage, Springer-Verlag, 2006. ISBN 978-3-540-25164-4.

[NIST, 1997]

United States Department of Commerce Technology Administration: *NIST Construction Automation Program Report No. 3, Electromagnetic Signal Attenuation in Construction Materials*. Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland. 1997. <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build97/PDF/b97123.pdf>. [Online Stand: 28.02.2011]

[Novar, 2007]

Novar GmbH: *Instandhaltung von punktförmigen Brandmeldern gemäß DIN 14675 A1/12-2006*. Neuss, 28. Juni 2007. <http://www.esser-systems.de/uploads/media/Instandhaltungsvorgaben.pdf>
[Online Stand: 15.02.2011].

[Portenlänger, 2008]

Portenlänger, C.: *Entwurf und Entwicklung eines Werkzeugs zur automatischen Generierung von Routingnetzen aus Gebäudemodellen*. Vertiefearbeit, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU-Darmstadt, Darmstadt, April 2008.

[RFIDimBau, 2008]

Tagungsband RFID im Bau, Kongress am 22. + 23. Februar 2008 auf der bautec | Build IT Berlin, ISBN 978-3-86780-054-9.

[Rimscha, 2010]

Rimscha, M.: *Algorithmen kompakt und verständlich, Lösungsstrategien am Computer*. Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden, 2010. ISBN 978-3-8348-0986-5.

[Roda, 2011]

roda Licht- und Lufttechnik GmbH, Sonja Walk / Edgar Rudolphi; *roda - Rauchschrzen*.
http://www.roda.de/rauschsch%FCrzen_6.html. [Online Stand: 18.02.2011]

[Rüppel u. Stübbe, 2007]

Rüppel, U.; Stübbe, K.: *Paper 77 - Context Sensitive Emergency-Navigation-System for Buildings*. In: Proceedings of the Eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing. Civil-Comp Press. Kippen, Stirlingshire. 2007. ISBN 9781905088171.

[SAP, 2004]

Rößler, R.: *RFID hilft Wartungsdaten auf die Sprünge*. SAP.info, SAP Deutschland AG & Co. KG, 20.04.2004. <http://de.sap.info/rfid-hilft-wartungsdaten-auf-die-sprunge/289>

[Online Stand: 14.02.2011].

[Stübbe, 2010]

Stübbe, K. M.: *Kontextsensitive Indoor-Navigation für Einsatzkräfte – Ortung, Wegberechnung, Zielführung und Einsatzkoordination*. Berichte des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU Darmstadt, 138 Seiten, Shaker Verlag, Aachen, ISBN 978-3-8322-9231-7, 2010.

[TPrüfVO, 2006]

Land Hessen: *Verordnung über die Prüfung technischer Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden (Technische Prüfverordnung - TPrüfVO)*. In der Fassung von 18.12.2006.

[VdS 2373, 1998]

VdS Schadenverhütung GmbH: *VdS 2373:1998-09: Frostschutz in Sprinkleranlagen, Merkblatt*. September 1998.

[VdS 2846, 2001]

VdS Schadenverhütung GmbH: *VdS 2846:2001-11: Revision von Sprinkleranlagen durch Sachverständige, Prüfumfang*. November 2001.

[VdS CEA 4001, 2010]

VdS Schadenverhütung GmbH: *VdS CEA 4001:2010-11: Sprinkleranlagen, Planung und Einbau*. November 2010.

[wearIT@work, 2008]

Europäisches Forschungsprojekt, 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union.

<http://www.wearitatwork.com/>. [Online Stand: 18.03.2011]

[Werner, 2004]

Werner, U.-J.: *Bautechnischer Brandschutz: Planung, Bemessung, Ausführung*. Birkhäuser Verlag, 2004. ISBN 3-7643-6892-6.

[Zwinger, 2009]

Zwinger, U.: *Führung und Leitung von Feuerwehreinsatzkräften in komplexen Gebäuden mit Indoor-Navigationstechniken*. Vertieferarbeit, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU-Darmstadt, Darmstadt, September 2009.

[Zwinger, 2010]

Zwinger, U.: *Komponentenbasiertes Gebäudeleitsystem mit integrierter Routenberechnung für den Einsatz der Feuerwehr*. Diplomarbeit, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU-Darmstadt, Darmstadt, Februar 2010.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Komponenten des Brandschutzes [DIN 14675, 2003].....	7
Abbildung 2.2: Instandhaltung nach DIN 31051 bzw. DIN EN 133306.....	10
Abbildung 2.3: Fehleranalyse [DIN 31051, 2003].....	11
Abbildung 2.4: Ortsfeste Feuerlöschanlagen [Kreger, 2011].....	20
Abbildung 2.5: Schema einer Sprinkleranlage [Mayr u. Battran, 2007].....	22
Abbildung 2.6: Glasampullen von Sprinklerköpfen [Adams, 2011].....	22
Abbildung 2.7: Tragbare Feuerlöscher [Minimax, 2011b].....	26
Abbildung 2.8: Geöffnete und geschlossene Rauchschürzen [Roda, 2011].....	29
Abbildung 2.9: Maschinelle Entrauchung [Bastke & Staats, 2011].....	30
Abbildung 3.1: Das UWB-Prinzip [Eisennacher, 2006].....	45
Abbildung 3.2: Grundbestandteile eines RFID-Systems [Finkenzeller, 2008].....	46
Abbildung 3.3: i-SAT 300 RTLS.....	54
Abbildung 3.4: i-PORT M 350 RTLS.....	54
Abbildung 3.5: Transponder i-Q350 RTLS.....	55
Abbildung 3.6: Position Server Backend.....	55
Abbildung 3.7: Sequenzdiagramm einer Distanzmessung des INTELLIFIND ^{RTLS} Ortungssystems.....	57
Abbildung 3.8: Netzwerkdiagramm INTELLIFIND ^{RTLS}	57
Abbildung 3.9: Symmetrisch verteilte Referenzknoten.....	58
Abbildung 4.1: Anwendungsfälle eines Wartungs-Leitsystems [Kreger, 2011].....	62
Abbildung 4.2: Konzeptionelles Komponentendiagramm [Kreger, 2011].....	63
Abbildung 4.3: Struktureller Aufbau der Administrator Anwendung.....	63
Abbildung 4.4: Erscheinungsbild einer Software für Servicetechniker.....	64
Abbildung 4.5: UML Komponentendiagramm für die Kartenansicht [Kreger, 2011].....	67
Abbildung 4.6: UML Komponentendiagramm für das Routing [Kreger, 2011].....	68
Abbildung 4.7: UML Komponentendiagramm für die Datenverarbeitung [Kreger, 2011].....	68
Abbildung 4.8: UML Komponentendiagramm für die Datenbankverbindung [Kreger, 2011].....	69

Abbildung 4.9: UML Komponentendiagramm für die Schnittstelle zu Ortungssystemen [Kreger, 2011]	70
Abbildung 4.10: Datenkategorien im Bestand	70
Abbildung 4.11: Datenbank-Tabellen für Ortungssysteme im Bestand	72
Abbildung 4.12: Beziehungen zwischen den Komponenten des Ortungssystems [Kreger, 2011]	73
Abbildung 4.13: Netzwerkentwurf für das Wartungs-Leitsystem [Kreger, 2011]	74
Abbildung 4.14: Kommunikation zwischen den Systemen und Komponenten [Kreger, 2011]	74
Abbildung 5.1: Umgesetzte Kartenansicht-Komponente	81
Abbildung 5.2: Klassendiagramm der Distanzmatrix [Kreger, 2011]	83
Abbildung 5.3: Startbildschirm der BIaNS Anwendungen	86
Abbildung 5.4: Aufteilung des Bildschirms bei der Administrator Anwendung	87
Abbildung 5.5: Datenbank-Explorer und Kartenansicht mit selektierten Objekten	88
Abbildung 5.6: Wartungs- und Inspektionsansicht	89
Abbildung 5.7: Routingansicht	90
Abbildung 5.8: Ansicht der Ortungssysteme	91
Abbildung 5.9: Verwalten der Schadenscodes	92
Abbildung 5.10: Bildschirmaufteilung der mobilen Anwendung	92
Abbildung 5.11: Dokumentationsansicht	94
Abbildung 6.1: Grundriss der Versuchsfläche mit angeordneten Ortungskomponenten	95
Abbildung 6.2: Routenberechnung	96
Abbildung 6.3: Screenshot des Navigationsmodus	97
Abbildung 6.4: Screenshot eines Wartungsvorgangs	97
Abbildung 6.5: Versuchsequipment der Reichweiten- / Genauigkeitsmessung	98
Abbildung 6.6: Anordnung der Messpositionen	99
Abbildung 6.7: Durchführung einer Messung	99

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Mindestqualifikation einer verantwortlichen Person [DIN 14675, 2003]	18
Tabelle 2.2: Brandklassen und Löschmittel [Berliner Feuerwehr, 2011]	26
Tabelle 2.3: Überblick über die Akteure der Instandhaltung	35
Tabelle 2.4: Auflistung unterschiedlicher Wartungsintervalle für einige Instandhaltungsobjekte.....	39
Tabelle 2.5: Auswahl an Schadensklassen / -codes bei Fraport	41
Tabelle 3.1: WLAN Standards [Kersken, 2010]	44
Tabelle 3.2: Methoden zur automatischen Routennetzgenerierung [Portenlänger, 2008]	50
Tabelle 3.3: Berechnungszeiten des TSP bei einem Brute-Force Ansatz	51
Tabelle 3.4: Kartensymbole des Position Servers.....	56
Tabelle 4.1: Zeichnungsobjekte für die Kartenansicht	65
Tabelle 4.2: Auswahlkriterien für das Layout der Kartendarstellung.....	66
Tabelle 5.1: Datenkategorien in der BIaNS_DB [Kreger, 2011].....	77
Tabelle 5.2: Statussymbole der Aufträge	89
Tabelle 5.3: Statussymbole der Serviceobjekte	89

12. Quellcodeverzeichnis

Quellcode 5.1: Webservice-Methode zur Abfrage von Gebäudedaten	80
--	----