

Kurzbericht

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

Dieses Forschungsprojekt ist Teil der ARGE RFID im Bauwesen.

Stand: 31.03.2011

Ziel der Forschungsaufgabe

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. Es 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.

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.

Praxispartner in diesem Forschungsprojekt sind die Flughafenfeuerwehr der Fraport AG, das Brandschutzplanungsbüro Bureau Veritas Brandschutzservices GmbH, Identec Solutions AG und innoTec GmbH.

Durchführung der Forschungsaufgaben

Rechtliche Anforderungen der Instandhaltung von Brandschutzobjekten

Um Brandkatastrophen und die damit verbundenen Folgen frühzeitig einzudämmen bzw. gar zu verhindern, sind entsprechende Maßnahmen des Brandschutzes zu treffen und stetig einzuhalten. Für den vorliegenden Anwendungsfall der Wartung von Brandschutzobjekten ist vor allem der vorbeugende Brandschutz und darin der anlagentechnische Brandschutz maßgebend. Dieser 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), Flucht- und Rettungswegbeleuchtung (Notbeleuchtung), manuelle Feuerlöscher, Wandhydranten, Schottungen und Brandschutzklappen.

Für die Instandhaltung dieser Einrichtungen des anlagentechnischen Brandschutzes gibt es eine Vielzahl von Gesetzen, Regeln und Vorschriften u.a. aus den folgenden Bereichen zu beachten:

- DIN-Normen (z.B. DIN 14406-4, DIN 14675, DIN EN 3, DIN EN 12101, DIN EN 12845)
- VDE-Normen (z.B. DIN VDE 0833-1, DIN VDE 0833-2)
- VdS-Richtlinien (z.B. VdS 2490, VdS 2864, VdS 3444)
- CEA-Richtlinien (z.B. CEA 4001)
- GEFMA-Richtlinien
- Druckbehälterverordnung (DruckbehV)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Damit Brandschutzanlagen jederzeit einen betriebsbereiten Zustand aufweisen, müssen sie einer sorgfältigen Instandhaltung unterliegen. Der Begriff Instandhaltung ist als Oberbegriff für die Bereiche Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung zu sehen.

Auch hinsichtlich des Instandhaltungspersonals gibt es eine Reihe von Anforderungen. DIN VDE 0833-1 verpflichtet beispielsweise die Betreiber von Gefahrenmeldeanlagen zu regelmäßigen Inspektionen, wobei diese jedoch nicht von jeder Person durchgeführt werden dürfen, sondern beispielsweise nur von einer Fachfirma oder einem Servicemitarbeiter mit besonderer Qualifikation.

Navigation innerhalb von Gebäuden

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) wurde im Rahmen der zweiten Phase um ein weiteres Indoor-Ortungssystem (INTELLIFIND^{RTLS} der Firma Identec Solutions) ergänzt. Es handelt sich hierbei um ein Ortungssystem mit

fest installierten, im Ortungsraum verteilten Lesegeräten, das eine Lokalisierung von mobilen Transpondern ermöglicht. Bisher wurde dieses System im Outdoor-Bereich eingesetzt. Für den Einsatz zur Ortung von sich bewegenden Personen im Indoor-Bereich existierten bisher nur wenige Erfahrungen.

Zur Umsetzung eines Navigationssystems für den Indoor-Bereich bedarf es an umfassenden Datengrundlagen über die Geometrie des Gebäudes und den damit verbundenen möglichen Laufwegen. Hierfür wurde ein am IIB entwickeltes Gebäudemodell (Building Information Model, BIM) integriert, das seine Daten unmittelbar aus CAD-Systemen bezieht.

Mittels einer erstellten Softwarekomponente (RoutingNetz-Generator) ist es möglich, einen Wegegraphen, der alle benutzbaren Wege auf Basis des BIM mit Angaben über Wände, Türen usw. beinhaltet, automatisiert zu erstellen [Stübbe, 2010]. 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. Es wurden hierbei u.a. Verfahren wie gleichmäßige Rasterung, Quadrees, Delaunay-Triangulierung/Voronoi-Diagramm und Straight Skeleton untersucht. Letzteres lieferte hinsichtlich Berechnungszeit und Performance die besten Ergebnisse für den vorliegenden Anwendungsfall [Kreger, 2011].

Für die Nutzung der Navigation im Rahmen von Wartungsprozessen ist vor allem eine Rundwegberechnung erforderlich, deren Anfangs- und Endpunkt meist identisch sind (z.B. Gebäudeeingang). Dies schränkt die Wahl eines Routing-Algorithmus ein, der auf Basis des Wegenetzes einen kürzesten Weg zwischen zwei vorgegebenen Punkten berechnet. Als sinnvolle heuristische Algorithmen zeigten sich die Verfahren Nearest-Neighbor-Heuristik, Simulated Annealing und Ameisenalgorithmus.

Da es im Verlaufe der Wartung u.a. zur Nutzung von Alternativwegen kommen kann, ist es sinnvoll, diese auch von vornherein bereit zu stellen. Diesbezüglich beinhaltet die vorliegende Navigationssoftware auch eine interne sogenannte Distanzmatrix, die in der späteren Anwendung auf mobilen Endgeräten eine schnelle performancesparende Bereitstellung von Alternativwegen bietet. Dies ist jedoch nur durch ein stetiges Überwachen des Kurses und der aktuellen Position möglich.

Systemimplementierung

Für die Erstellung der laufzeitbasierten Indoor-Navigations-Applikation zur Wartung von Brandschutzeinrichtungen wurde zunächst eine genaue Analyse der Anforderungen durchgeführt. Es wurden u.a. die gesetzlichen und normativen Anforderungen an Wartungs- und Inspektionsleistungen und deren Dokumentation sowie die speziellen Bedürfnisse der späteren Anwender untersucht.

Seitens der Bedürfnisse der Anwender zeigt Abbildung 1 ein Anwendungsfalldiagramm, in dem die Interaktionen zwischen den Benutzern und dem System und Abhängigkeiten innerhalb des Systems grob skizziert sind.

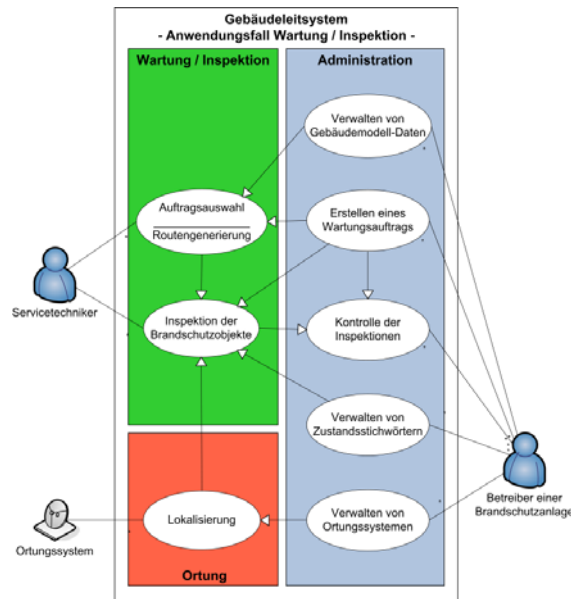


Abbildung 1: Anwendungsfälle eines Wartungs-Leitsystems [Kreger, 2011]

Abbildung 2 stellt die im Netzwerk verteilten Komponenten mit Hilfe eines Netzwerkdiagramms dar.

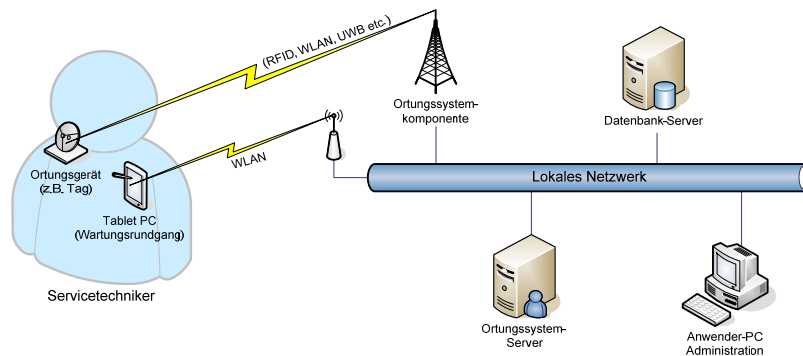


Abbildung 2: Netzwerkentwurf für ein Wartungsleitsystem [Kreger, 2011]

Aufbauend auf der bestehenden Indoor-Navigations-Integrationsplattform (InNavI) des IIB aus Phase 2 wurde ein laufzeitbasiertes Indoor-Navigations-System für die Wartung von Brandschutzeinrichtungen erstellt. Es wurde eine Trennung der Anwendungssoftware für verschiedene Nutzergruppen vorgenommen, um eine differenzierte Bereitstellung von Informationen in unterschiedlichen Detaillierungsgraden, unterschiedliche Bedienbarkeiten und einen unterschiedlichen Programmablauf zu ermöglichen. Daher wurden für die beiden Hauptbenutzergruppen, Administrator und Servicetechniker, jeweils eigene Applikationen entwickelt.

Anwendung zur Administration

Die Applikation für Administratoren ermöglicht das Verwalten des Datenbestands und beinhaltet u.a. Funktionen für das Neuanlegen, Überprüfen, Bearbeiten und Löschen von Wartungsaufträgen. Sie wurde mit einer detaillierten Daten- und einer Kartenansicht ausgestattet.

Abbildung 3 stellt die Wartungs- und Inspektionsansicht des Wartungs-Leitsystems dar.

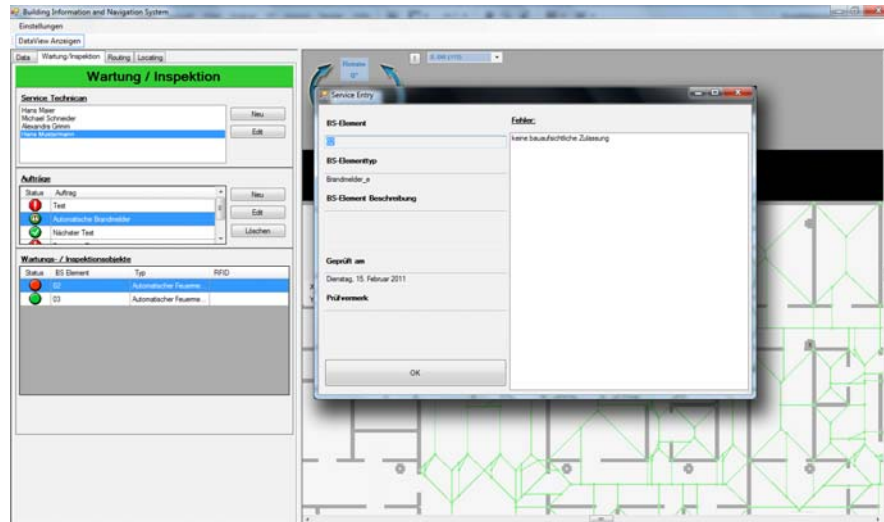


Abbildung 3: Wartungs- und Inspektionsansicht (Anwendung zur Administration)

Mobile Anwendung

Die Anwendung für Servicetechniker wurde für eine Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel und einfache Bedienung optimiert. Sie verfügt im Programmablauf über einen automatischen Wechsel von der Kartenansicht zur Dokumentationsansicht bei Erreichen eines Serviceobjekts und kann erst wieder ausgeblendet werden, sobald der Auftrag am Serviceobjekt abgeschlossen wurde. Mittels einer Verifikation (per RFID oder Barcode) des Servicetechnikers am Brandschutzelement wird verhindert, dass ein zu wartendes Brandschutzelement verwechselt oder vergessen wird [Kreger, 2011].

Mittels vorgegebener Fehlercodes wird der Wartungsprozess allgemein verständlich protokolliert. Durch Bereitstellung der Historie zum aktuell zu bearbeitenden Objekt kann der Servicemitarbeiter vergangene Inspektionen und Wartungen direkt einsehen und auf eventuelle Schwächen reagieren.

Abbildung 4 stellt die Dokumentationsansicht der Wartungsapplikation (mobile Anwendung) dar.

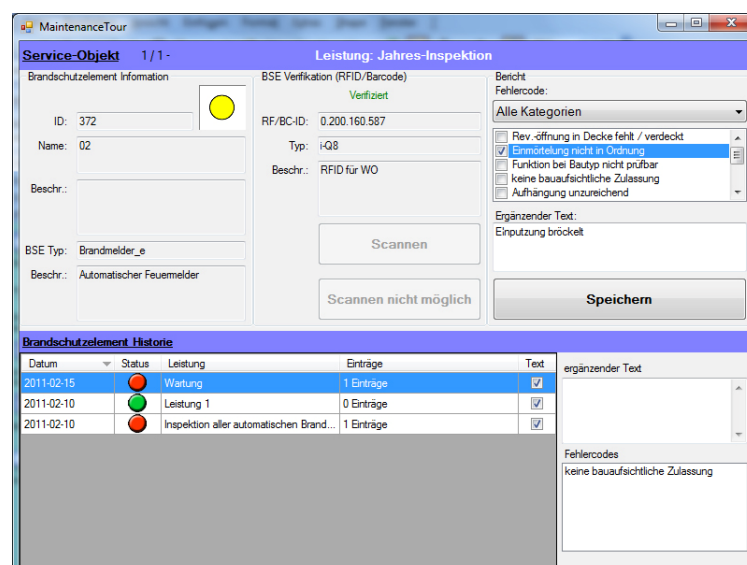


Abbildung 4: Dokumentationsansicht (Mobile Anwendung)

Praxistests

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden unterschiedliche Tests durchgeführt. Diese umfassten u.a.:

- Ermittlung der Einflüsse unterschiedlicher Baumaterialien auf die Ortung mit RFID (Testdurchführung auf dem Gelände der TU Darmstadt)



Abbildung 5: Messversuch bzgl. "Tunneleffekt"

- Ermittlung der mit der Reichweite in Verbindung stehenden Erfassungsgenauigkeit (Testdurchführung auf dem Frankfurter Flughafen, Teilnahme der Praxispartner Fraport Feuerwehr und Identec Solutions)



Abbildung 6: Versuchsequipment der Reichweiten- / Genauigkeitsmessung
(links: Mit Transpondern bestückter LKW; rechts: Mit i-SATs bestückte Drehleiter)
(Bildquelle: Hr. Fabian, Identec Solutions)

- Evaluation des Prototyps
(Testdurchführung auf dem Gelände der TU Darmstadt)

Der Praxistest mit dem entwickelten Prototypen wurde in den eigenen Institutsräumen durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein siebengeschossiges Gebäude, in dem im zweiten Obergeschoss die Institutsräume liegen. Eine Vielzahl unterschiedlicher Typen von Innenwänden (u.a. Beton, Mauerwerk, Leichtbau) und die Möglichkeit, vorhandene Technische Infrastruktur zu nutzen, aber auch problemlos weitere erforderliche zusätzliche Infrastruktur einzubauen, ließen diese Räumlichkeiten als geeignet erscheinen.

Die Versuchsfläche gliedert sich auf in einen langen sich verzweigenden Flur, an den seitlich Büros, Technik- und Sanitärräume unterschiedlicher Größe angrenzen. Es wurde das von Identec Solutions entwickelte RFID-Ortungssystem INTELLIFIND^{RTL5} eingebaut und das folgende Testszenario durchlaufen:

Einem ortsunkundigen Wartungsmitarbeiter einer Fremdfirma wurde die Wartung von insgesamt 5 Brandschutzeinrichtungen übertragen (1 Feuerlöscher, 2 Brandmelder, 1 Wandhydrant mit Druckschlauch-W, 1 Sprinklerkopf). Für die Durchführung seiner Tätigkeiten wurde 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 ermöglichte ihm die Unterstützung hinsichtlich der Orientierung, stellte die kürzeste Wartungsrundreise bereit und ermittelte sowie zeigte seine aktuelle Position zur schnellen Erreichung der Wartungsobjekte. Im Rahmen des eigentlichen Wartungsvorgangs wurde der Mitarbeiter durch ein digitales Wartungsformular unterstützt und es fand eine Verifizierung der tatsächlichen Anwesenheit am richtigen zu wartenden Brandschutzobjekt statt.

Zusammenfassung und Ergebnisse

Im Rahmen von Brandschutzkonzepten werden die Betreiber von größeren und öffentlichen Gebäuden, aber auch Industriebauten meist zur Integration einer Brandmeldeanlage verpflichtet, die im Gefahrfall die im Gebäude befindlichen Personen frühzeitig warnen, eine zentrale Alarmierungsstelle kontaktieren und somit entsprechende Rettungskräfte herbeigerufen soll. Da eine solche Anlage einer sehr umfangreichen Instandhaltung bedarf, die einen beachtlich großen Umfang an rechtlichen Bedingungen beinhaltet, gehen viele Betreiber zum Outsourcing der Instandhaltungsaufgaben von Brandschutzobjekten an Fremdfirmen über. Diese verfügen zwar über qualifiziertes und teils zertifiziertes Personal, 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 papierbasierte Protokollierung entwickelt, das mittels Bereitstellung von Ortungs- und Navigationsfunktionen die Servicemitarbeiter bei ihrer Arbeit begleiten und leiten, aber auch während des eigentlichen Wartungsvorgangs eine Unterstützung bieten soll. Dazu wurden u.a. standardisierte Schadenscodes und eine RFID- und Barcode-basierte Wartungsobjektidentifikation integriert.

Es wurde weiterhin eine neue RFID-basierte Ortungstechnik zur Ortung von Servicekräften in komplexen Gebäuden untersucht und 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.

Während der Evaluation des RFID-Wartungs-Leitsystems Brandschutz 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 werden Wartungsrundreisen optimiert.
- Erhöhung der Qualität der Wartung durch Kontrollfunktion der erfolgreichen Auftragsdurchführung.
- Verifikation der tatsächlichen Anwesenheit des Servicemitarbeiters am entsprechenden Objekt (Erfüllung der Nachweispflicht).
- Verwendung von stets aktuellen Gebäudedaten durch Import mittels Schnittstellen zu Facility-Management- und CAD-Softwaresystemen.
- Zusammenführung von wartungsrelevanten Informationen über Gebäudedaten und Wartungsprotokollen ermöglicht eine optimale Nutzung.

Hinsichtlich der Wartungsprozesse:

- Verwechslung von zu wartenden Objekten kann nahezu ausgeschlossen werden.
- 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.

Weiterhin bietet es folgende Vorteile:

- Verbessertes Überblick über Wartungsobjekte und deren Instandhaltungsintervalle.
- Durch RFID-computergestützte Bestandsverwaltung werden die Aktualisierungszyklen besser überwacht und deutlich verkürzt. Die Wartungsdaten stehen unmittelbar im System zur Verfügung.
- Senkung der Fehlerquote durch Wegfall der Übertragung von Papierlisten in ein EDV-System.
- Zusatzinformationen können direkt auf dem am Wartungsobjekt angebrachten RFID-Tag digital abgespeichert werden.

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.

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 (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 TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen; RFID-Wartungs-Leitsystem

Konferenzen wurde den beiden Forschungsprojekten großes Interesse seitens des Publikums, vor allem der Wirtschaft, aber auch von Vertretern von Sicherheitsorganisationen (BOS) gezeigt.

Literaturverzeichnis

[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.

[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.

[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.