

# Bauingenieur

Die richtungweisende Zeitschrift im Bauingenieurwesen

VDI

Bautechnik

Jahresausgabe 2015/2016



- Ausbildung, Beruf, Karriere, Management
- Bemerkenswerte aktuelle Bauwerke
- Fachwissen
- Technikgeschichte
- Interna aus dem VDI

 Springer  
VDI Verlag

Organzeitschrift VDI-Bautechnik



# BIM-basiertes Bauen mit RFID: Nutzung von konsistenten Informationen für RFID-gesteuerte Planungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsprozesse

J. Bredehorn, M. Helmus, P. Jehle, A. Kelm, J. Kortmann, L. Laußat, A. Meins-Becker, U. Rüppel, S. Wagner, U. Zwinger

136

**Zusammenfassung** Über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes entstehen große Datenmengen, die im Planungs- und Bauprozess sowie während der Nutzungsphase immer wieder abgerufen und verarbeitet werden. Diese Informationen stehen jedoch in der Regel nur sehr eingeschränkt, teils isoliert, teils nur für einzelne Beteiligte (zum Beispiel den Planungsbeteiligten, Betreibern oder Nutzern) zur Verfügung. Mangelnde Informationsverfügbarkeit erschwert ein effizientes und sachgerechtes Herstellen und Betreiben von Bauwerken. Kommt es zu einem Wechsel von beteiligten Unternehmen und Personal, geht bei dieser dezentralen Datenvorhaltung in der Praxis regelmäßig ein großer Teil der Informationen verloren. Um die Datendurchgängigkeit in Verbindung mit einer zentralen Verwaltung und unterstützende Lösungen für eine neue Form der Datenhaltung und -verfügbarkeit zu erlangen, beschäftigt sich die ARGE RFIDimBau innerhalb der Forschungsinitiative ZukunftBau bereits seit fast zehn Jahren im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte mit der Verknüpfung von digitalen Gebäudemodellen und dem Einsatz der RFID-Technik in der Bau- und Immobilienwirtschaft (weitere Informationen unter <https://rfidimbau.de>). Hierbei untersucht das Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal die Prozesse der Baulogistik bis zur Lagerung und den Transport auf der Baustelle. Das Institut für Baubetriebswesen der Technischen Universität Dresden untersucht die bauproduktionstechnischen Prozesse von der Lagerung auf der Baustelle über die Erstellung und Nutzung des Bauwerkes bis zum Abbruch. Das Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt untersucht den Forschungsbereich Ortung und Navigation innerhalb von Gebäuden sowie die Verbesserung von War-

tungsprozessen am Beispiel von Brandschutzobjekten. Gemeinsam wird seit 2012 das aktuelle Forschungsprojekt „BIM-basiertes Bauen mit RFID“ basierend auf den bisherigen Ergebnissen bearbeitet, das Ende des Jahres 2015 abgeschlossen wird. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird ein Standardisierungskonzept für die Verknüpfung der aus der Planung kommenden Soll-Daten mit den über den Lebenszyklus eines Bauwerks mittels RFID-Technik erfassten Ist-Daten entwickelt. Des Weiteren liegt die Öffentlichkeitsarbeit zur Etablierung der Ideen zum Einsatz der RFID-Technik im Zuge der Digitalisierung der Wertschöpfungsketten des Bauwesens im Fokus des Forschungsvorhabens.

## 1 Einleitung

Über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes entstehen große Datenmengen, die im Planungs- und Bauprozess sowie in der Nutzungsphase eines Bauwerkes immer wieder verwendet werden. So betrachtet in der frühen Planungsphase jeder Fachplaner zunächst seine eigene Fachdisziplin, konkretisiert dann seine Ideen iterativ und in Koordination der Fachplaner mit der Objektplanung entsteht eine integrierte Gesamtplanung. Durch diese Berücksichtigung der Abhängigkeit der einzelnen Fachplanungen untereinander und den Abgleich werden Diskrepanzen oder Überschneidungen, zum Beispiel zwischen Bauteilen, zu großen Teilen vorgebeugt. Es herrscht somit bereits in der Planungsphase ein reger Datenaustausch zwischen den Planungsbeteiligten. In der späteren Bauphase werden die, in der Planung entstandenen, Daten und Dokumente in der

**Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus**

Universitätsprofessor, Bergische Universität Wuppertal

**Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Anica Meins-Becker**

Akademische Rätin, Bergische Universität Wuppertal

**M.Sc. Agnes Kelm**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Bergische Universität Wuppertal

**Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Lars Laußat**

Mitarbeiter, Bergische Universität Wuppertal

**M.Eng. Jens Bredehorn**

Doktorand, Bergische Universität Wuppertal  
Bergische Universität Wuppertal  
Abteilung Bauingenieurwesen  
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft

Pauluskirchstr. 7, 42285 Wuppertal

Tel.: 0202 439-4114

Fax: 0202 439-4314

helmus@uni-wuppertal.de

www.baubetrieb.uni-wuppertal.de

**Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle**

Universitätsprofessor, Technische Universität Dresden

Professur für Bauverfahrenstechnik

**Dipl.-Ing. Jan Kortmann**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Dresden

**Dipl.-Ing. Steffi Wagner**

Doktorandin, Technische Universität Dresden

Technische Universität Dresden

Fakultät für Bauingenieurwesen

Institut für Baubetriebswesen

Nürnberger Straße 31A, 01187 Dresden

Tel.: 0351 463-36315

Fax: 0351 463-34680

jan.kortmann@tu-dresden.de

www.tu-dresden.de/biwb

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel**

Universitätsprofessor, Technische Universität Darmstadt

**Dipl.-Ing. Uwe Zwinger**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Darmstadt

Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen

Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt

Tel.: 06151 16-3744

Fax: 06151 16-5552

zwinger@iib.tu-darmstadt.de

www.iib.tu-darmstadt.de

Regel wieder aufgegriffen, teils von Bauunternehmen überarbeitet und detailliert, zum Beispiel durch konkretisierende Werkplanungen. Im Rahmen der Bauausführung erfolgt dann die Umsetzung in Form von realen Bauelementen, Bauteilen und Bauwerken. Der Entstehungsort der Bauteile liegt dabei nicht ausschließlich auf der Baustelle. In der Praxis sind die unterschiedlichsten Ausprägungen von Vorfertigung anzutreffen. So können Bauwerke als Ganzes außerhalb vorgefertigt und nur auf der Baustelle abgestellt und befestigt werden (z.B. Fertiggaragen). Oder es können Teile eines Bauwerkes in externen Produktionsstätten hergestellt und an die Baustelle transportiert werden (z.B. Stahlbeton-Fertigteile), die alternativ auch vor Ort, also „in situ“, produzierbar sind (z.B. als Ortbetonbauteile). In dieser Zeit der Vorfertigung, Logistik und Bauausführung auf der Baustelle entstehen stets neue Daten, bereits bestehende Daten werden aufgegriffen, genutzt und fortgeschrieben. Ist das Bauwerk fertiggestellt und sind die Daten an den Eigentümer oder Nutzer übergeben, schließt sich die Nutzungsphase an. In dieser Phase greifen weitere Personen auf die bestehenden Daten und Unterlagen zu, sei es zur Nutzung von Grundrissen für Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen oder als Grundlage für spätere Umbau- und Modernisierungsarbeiten. Den Abschluss des Lebenszyklus' eines Bauwerkes stellt der Abbruch und Rückbau des Bauwerkes oder Bauteils dar. Auch hier lassen sich die in der Vergangenheit entstandenen Daten nutzen, um beispielsweise die vollständige Kenntnis über die verwendeten Baustoffe zu gewinnen und so Möglichkeiten der Wiederverwendung einzelner Bauteile oder der Wiederverwertung der Baustoffe in Form des Recyclings bestimmen zu können.

Eine Nutzung aller Planungs-, Ausführungs- und Nutzungsdaten ist derzeit noch nicht konsistent möglich, da über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes verschiedene Beteiligte über einen langen Zeitraum die Daten in unterschiedlicher Art und Weise ablegen und so immer wieder Hürden in der Verfügbarkeit entstehen. Zwischen den einzelnen Akteuren sind zudem zahlreiche Medienbrüche feststellbar. Daten werden aus diesem Grund oft nur unvollständig weitergegeben und dezentral bei den einzelnen Beteiligten abgelegt. Viele Projektbeteiligte können nicht auf die vorhandenen Daten zugreifen und erstellen deshalb zum Beispiel Planungsunterlagen immer wieder neu. Infolge des Mangels in der Datendurchgängigkeit entstehen ein Mehraufwand durch Mehrfacheingaben und die Fehleranfälligkeit in den wiederkehrenden Medienbrüchen. Um Informationsverluste und Medienbrüche über den Lebenszyklus eines Bauwerks zu vermeiden und eine Datendurchgängigkeit zu erreichen, beschäftigt sich die ARGE RFIDimBau mit dem Einsatz der RFID-Technik zur Erfassung von physischen Ist-Daten in Verbindung mit der von digitalen Gebäudemodellen (BIM). Die RFID-Technik wird in diesem Zusammenhang für eine eindeutige Identifikation von Bauteilen auf unterschiedlichen Ebenen der digitalen Kennzeichnung genutzt. Diese Anwendung ermöglicht eine konsistente Nutzung der Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes hinweg. Im Folgenden werden Konzepte und Ergebnisse des aktuellen Forschungsprojektes „BIM-basiertes Bauen mit RFID-Technik“ dargestellt.

## 2 Grundlagen der RFID-Technik und der BIM-Arbeitsweise

### 2.1 Grundlagen der RFID-Technik

Die RFID-Technologie (engl. radio frequency identification) bezeichnet die Identifizierung von Objekten mittels elektromagnetischer Wellen. Ein RFID-System ist ein Sender-Empfänger-System. Es dient dem berührungslosen und sichtkontaktfreien Identifizieren und Lokalisieren von Objekten und/oder dem Speichern von Daten an Objekten. Ergänzt um Sensoren kann es auch als kabelloses Messsystem eingesetzt werden. Für die Nutzung der RFID-Technik im Bauwesen werden Objekte mit einem eingebauten oder angebrachten Chip versehen – dem RFID-Transponder –, der mit einem RFID-Reader ausgelesen und/oder beschrieben werden kann. In der RFID-Technik stehen passive Transponder ohne eigene Energieversorgung und aktive Transponder mit eigener Energieversorgung zur Verfügung. Die Datenübertragung zwischen Reader und Transponder kann durch zwei Arten der Übertragung erfolgen: Über eine magnetische Kopplung (LF 135 kHz/HF 13,56 MHz) oder über elektromagnetische Wellen (UHF 868 MHz/MW 2,4 GHz). Im passiven Bereich können Systeme mit Lesereichweiten von wenigen Millimetern bis zu mehreren Metern aufgebaut werden. Bei der Verwendung aktiver Transponder können mehrere hundert Meter erreicht werden. Einen guten Überblick über die RFID-Technik gibt [2]. Erstmals wurde die RFID-Technik in Kontext mit dem Bauwesen in [1] gebracht.

### 2.2 Ansatz Building Information Modeling (BIM)

Schon heute lässt sich die Building Information Modeling Methode (BIM-Methode) insbesondere für die Phasen der Gebäudeplanung mit Standardwerkzeugen umsetzen. Einen Einstieg in die BIM-Methode bietet [3] und [4]. In den späteren Phasen der Realisierung und Bewirtschaftung von Gebäuden werden BIM-basierte Prozesse aktuell noch wenig eingesetzt. Das Ergebnis eines idealen BIM-basierten Projektes sind plausibilisierte, akkurate As-Built-Informationen (Revisionsdokumentation). Aufgrund der real existierenden Dokumentationskultur im Bauwesen werden heute jedoch auch in Projekten, in denen partiell mit BIM-Methoden gearbeitet wird, größtenteils Daten von nicht optimaler Qualität geliefert. Möchte der Betreiber diese Qualitätsmängel beseitigen und in sein Betreibermodell auch die geometrische Bauwerksdokumentation und die in der Realisierung entstandenen Informationen vorhalten, bedeutet dies einen erheblichen Aufwand in der Datenzusammenstellung und -aufbereitung. Damit der Bauherr sein Recht auf eine digitale Dokumentation in hoher Qualität künftig einfordern kann, sind neue Konzepte und Strategien erforderlich. Ein Eingriff in die Prozesse der Zusammenarbeit wird erforderlich sein, denn prozessbasierte, zwingende Mechanismen sind unabdingbar, um einen effizienten, nachhaltigen und konsistenten Informationsablauf ohne Medienbrüche zu gewährleisten. CAFM-relevante alphanumerische und geometrische Daten sollten bereits ab Start der Planungsphase erstellt und über die Phase der Ausführung ergänzt werden. Mit dem Ende dieser Phase lässt sich so ein gleitender Übergang in den Betrieb realisieren. Mobile Endgeräte ermöglichen es bereits während der Realisierungsphase, modellbasierte Informationen auf der Baustelle abzurufen, um Daten zu realen Prozessen und Objekten

137



ten zu ergänzen und diese Ist-Daten mit den Soll-Daten gemäß Planungsmodell abzugleichen. So können Daten aus einzelnen Phasen und Prozessen miteinander zu einem Gesamtmodell vernetzt werden, das alle für das Gebäudemanagement relevanten Informationen in erforderlicher Exaktheit beinhaltet.

### 3 Standardisierung

Um Datenmodelle in vorgenannter Qualität zusammen mit den vielen beteiligten Akteuren erstellen zu können, bedarf es diverser Vereinbarungen, sprich Standards, auf unterschiedlichsten Ebenen und für die unterschiedlichsten Bereiche. So müssen Rollen, Prozesse, Daten- und Datenaustauschformate, Schnittstellen, Katalogdaten, Klassifizierungssysteme etc. aufeinander abgestimmt werden. Kern des Projektes ist es dabei insbesondere, die Lücke zwischen zwei Datenwelten zu schließen: Auf der einen Seite steht die BIM-Datenwelt mit ihren eindeutig identifizierbaren virtuellen Objekten, die in der Planungs- und Bauvorbereitungsphase erzeugt werden. Auf der anderen Seite steht die Datenwelt rund um die realen, physischen, mit RFID-Tags gekennzeichneten Objekte, die mit oder aus denen in der Phase der Ausführung ein Bauwerk entsteht. Der Ansatz des Forschungsprojektes war es, möglichst offen zu arbeiten. Für den Lösungsvorschlag sollte von einer Systemvielfalt bestehender Standards und alternativer Konstellationen der Baubeteiligten ausgegangen werden, die es anzubinden gilt.

Für das Standardisierungskonzept wurde folgender Ansatz verfolgt:

1. Auf der Auto-ID-Kennzeichnungsseite wurde ein bereits nach ISO-Standard 18000-6-C verfügbares Nummernsystem verwendet, das um eigene, bauspezifische Nummernkreise ergänzt wurde. Diese Nummern werden auf den RFID-Tags gespeichert. Kern und Mindestinhalt der Nummern ist dabei eine eindeutige Identifizierungsnummer. Sie kann auf Tags aller Frequenzbereiche hinterlegt werden und ist zudem auch mit optionalen Auto-ID-Techniken wie Barcode darstellbar. So wird ein Größtmaß an Systemoffenheit bei gleichzeitiger Kompatibilität gewährleistet. Neben der Identifizierungsnummer können prozess- und bauteilbezogene Informationen mit standardisierten Schema und somit für jeden interpretierbar auf den Tags hinterlegt und auch in den Prozessen verändert werden.
2. Mit Blick auf Klassifizierungs-, Artikelkatalogdaten- und Produktdatenaustauschsysteme wurde davon ausgegangen, dass hier eine Systemvielfalt bestehen bleiben wird. Dies ist dem Gesamtsystem aber nach Einschätzung der ARGE RFIDimBau zunächst nicht hinderlich. Der Erste, in der Regel der Hersteller, der einen RFID-Tag mit der Identifizierungsnummer beschreibt, und die Anbieter der Klassifizierungssysteme müssen lediglich individuell vereinbaren, wie die Zuordnung der Identifizierungsnummer konkreter Bauteile mit den Klassifizierungsnummern allgemeiner Bauteiltypen in einfachen Matchingtabellen eingetragen wird. Langfristig ist zu erwarten, dass hier der Markt entscheidet, welches System am nutzerfreundlichsten ist, sodass sich dieses durchsetzen wird.

3. Auf der Seite der BIM-Datenwelt wurde zunächst auf das Konzept der Multimodellcontainer (MMC) des Forschungsprojektes „Mefisto“ [5], [6] aufgesattelt. Virtuelle Objekte der BIM-Datenwelt können über Links mit einer RFID-Identifizierungsnummer verknüpft werden. In eigenen Elementar- oder Fachmodellen können zu jeder RFID-Identifizierungsnummer beliebige Daten vorgehalten und fortgeschrieben werden, die somit unmittelbar mit dem BIM-Modell im MMC verknüpft sind. Auch die oben angeführten Klassifizierungsmodelle könnten als eigene Fach- und Elementarmodelle hinterlegt werden. Innerhalb des MMC könnte so auch ein Link zwischen RFID-Identifizierungsnummer und Klassifizierungsnummer(n) und/oder zwischen BIM-Objektnummer und Klassifizierungsnummern(n) angelegt werden.

### 4 Maßnahmen zur Etablierung der RFID-Technik im Bauwesen

Nur allein durch die Herleitung von Grundlagen und Standardisierungsansätzen werden sich die Projektidee und die daraus entwickelten Anwendungen nicht in der Praxis etablieren. Aus diesem Grund wurde ein Konzept erarbeitet, wie mithilfe der Praxispartner und der Bauverbände die Verwendung der RFID-Technik im Bauwesen propagiert werden kann, indem man die Chancen der Digitalisierung mithilfe von Demonstrationsapplikationen und Hardware zum Anfassen aufzeigt. Die aus diesem Konzept resultierende Öffentlichkeitsarbeit nimmt einen großen Anteil in der Projektbearbeitung ein. Ein wichtiger Bestandteil des Konzepts zur Öffentlichkeitsarbeit war die Entwicklung und Ausstattung eines durch Deutschland tourenden Raummoduls, in dem ausgewählte Applikationen auf verschiedenen Wegen vorgestellt werden:

- Durch Anschauungsobjekte kann der Besucher selbst einen Überblick über die Funktionsweise der RFID-Technik und die Projektideen gewinnen. Die Inhalte sind so aufgearbeitet, dass sie auch für Laien verständlich sind.
- Im Demonstrationsmodul wird ein eigens für das Projekt an einem Praxisversuch erarbeitetes Video gezeigt, das die Ideen veranschaulicht und vertieft.
- Wichtigstes Element ist das eigene Erleben der RFID-Technik. Hier werden verschiedene Handlesegeräte, mit Transpondern getaggte Elemente und dazu passende Applikationen ausgestellt, sodass der Besucher die einzelnen Anwendungsfälle selbst ausprobieren und praktisch erleben kann.

Die Kombination dieser drei Bausteine erlaubt es, unterschiedlichsten Besuchergruppen, vom Schüler über den Handwerker bis hin zum Vorstand von Bauunternehmen, Zugang zu den Ideen und Entwicklungen der ARGE RFIDimBau zu ermöglichen und den Nutzen zu erfahren. Das Demonstrationsmodul wurde bereits bei zahlreichen Veranstaltungen vorgestellt. (Veranstaltungskalender des Demonstrationsmoduls sowie Forschungsvideos sind unter <https://rfidimbau.de> abrufbar.)



Bild 1. ARGE RFID im Bau, Demonstrationsmodul mit RFID-Ortungsanlage

### 5 Schlussbetrachtung

Im Projekt „BIM-basiertes Bauen mit RFID“ hat sich die Bedeutung digitaler Gebäudemodelle (Building Information Models, BIM) und integrierter Prozessmodelle für das computergestützte Planen und Bauen erneut bestätigt. Bei der Verknüpfung von BIM- und RFID-Daten sollte das jeweilige Interesse an der informationsbasierten Methode und Technik im Mittelpunkt stehen. Von Interesse sind die Daten und Informationen, die konsistent unter den Projektbeteiligten übergeben werden. Über die reine Datenübergabe hinaus interessiert aber auch zusätzlich die Datenverknüpfung: Die Information „Stütze“, „C20/25“ und „Pos. 103“ sind jeweils für sich genommen schwer greifbar. Erst in Beziehung gesetzt werden diese Eigenschaften zu einer bedeutungsvollen, nutzbaren und verifizierbaren Aussage. Entscheidend sind somit nicht nur die Informationen, sondern ihre Beziehungen und Relationen zueinander. BIM ist somit eine inkrementelle Entwicklung, die Möglichkeiten, Prozesse, Technologien und Ressourcen aufzeigt und koordiniert. Die Definition von BIM wächst in seiner buchstäblichen Aufstellung mit den Phasen, Verantwortlichkeiten,

Aufgaben und den Zielen von der Projektinitiierung bis hin zur Bewirtschaftung. Das Forschungsprojekt hatte im Ursprung eine Projektlaufzeit von 24 Monaten (12/2012 – 11/2014). Aufgrund der positiven Resonanz und starken Nachfrage in Bezug auf die Präsentation des Demonstrationsmoduls wurde das Forschungsprojekt um ein weiteres Jahr verlängert, das heißt bis 11/2015. Die Ergebnisse zu den Vorschlägen der ARGE RFIDimBau in Bezug auf die Standardisierung von zum Beispiel Nummernstrukturen, Datenaustauschformaten und Ebenen der digitalen Kennzeichnung werden im Forschungsbericht veröffentlicht.

### Literatur

- [1] Jaselkis, E. J.; Anderson, M. R.; Jahren, C. T.; Rodriguez, Y.; Njos, S.: Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry. In: Journal of Construction Engineering Management, Vol. 121 (1995), Iss. 2, pp. 189–196.
- [2] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. 6. Auflage. Carl Hanser Verlag, München, 2012.
- [3] Eastman, C. M.; Fisher, D. et al.: An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50. PA.: Inst. of Physical Planning. Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, 1974.
- [4] Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K.: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2. Auflage. John Wiley & Sons, Hoboken, 2011.
- [5] Scherer, R. J.; Schapke, S.-E. (Hrsg.): Informationssysteme im Bauwesen 1 – Modelle, Methoden und Prozesse. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014. [Teilergebnisbericht Forschungsvorhaben Mefisto]
- [6] Scherer, R. J.; Schapke, S.-E. (Hrsg.): Informationssysteme im Bauwesen 2 – Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014. [Teilergebnisbericht Forschungsvorhaben Mefisto]