

Kurzbericht zu FhG-Bericht GB 183/2008

Potenziale von RFID- Technologien im Bauwesen - Kennzahlen und Bauqualität

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln
des Bundesamtes für Bauwesen und
Raumordnung gefördert.

(Aktenzeichen: Z 6- 10.08.18.7- 06.24 / II2 - F20- 06- 021

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Au-
tor)

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart:
Norbert König (Projektleitung)
Michael Würth
Matthias Heinkel
Katrin Löwe
Vera Gräff

in Zusammenarbeit mit
Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische
Schaltungen und Systeme IMS
Finkenstr. 61, 47057 Duisburg
(Kap. 2 + 3)
Dr. Gerd vom Bögel
Frederic Meyer

und Fa. Hochtief AG, Essen,
Fa. TMND, Abstatt sowie

Fa. JOSEF GARTNER GMBH, GUNDELFINGEN

1. Ziele des Forschungsvorhabens

Gesamtziel des Projektes ist es, im Bauwesen bislang parallel oder losgelöst laufende Aktivitäten zu bündeln und zu vernetzen. Nur so können in den Arbeitsfeldern

- Informationslogistik, Baustellen-Organisation, Kosten-Qualitäts-Management,
- Bauphysik, Neue Baustoffe und Bauteile,
- Bau- und Entsorgungslogistik,
- Kennzeichnungssysteme mit RFID-Transponder-Systeme,

die derzeitigen Schnittstellen und Problemzonen neu definiert und zu Synergien geführt werden. Kernziel ist die Qualitätsverbesserung und die Kostenoptimierung in der Bau- und Nutzungsphase eines Gebäudes zum Vorteil für Investoren und Nutzer. Deutliche Verbesserungen lassen sich auf diese Weise darüber hinaus im Bereich des Umweltschutzes sowie des Gesundheitsschutzes für Bauarbeiter und Nutzer erzielen. Dabei könnten sog. Radio- Frequenz-gestützte Identifikationssysteme (RFID), die in anderen Wirtschaftsbereichen bereits erfolgreich eingesetzt werden, hilfreiche Informationen liefern. Auf oder an den Produkten befestigte Datenträger (sog. RFID- Tags) enthalten Informationen z.B. über die Lieferkette, den geplanten Einbauort und den Empfänger und gelangen mit dem Produkt vom Werk zur Baustelle. Technische Anforderungen an Lagerung, Umschlag und Transport lassen sich genauso einfach mitführen wie Einbauanleitungen und Abnahmeprotokolle. Derartige Lösungen sind im Bereich der Baustofflogistik und für automatische Inventur von Waren bereits realisiert, lassen sich aufgrund der Besonderheiten der Baustelle und der Lebensdauer von Gebäuden aber nicht ohne Anpassungen auf die Bauwirtschaft übertragen. Vor allem für Entscheidungsträger in der Gebäudebewirtschaftung (Facility Management FM) ist es von enormer Bedeutung, nach Abschluss einer Baumaßnahme eine vollständige Bestandsdokumentation in vorhandene FM- System einzupflegen oder diese Daten als Ausgangsbasis für ein künftiges, Kosten sparendes FM-System über die langen Zeiträume des Gebäudebetriebs zu verwenden. Somit kommen die Baudaten nicht als Sammlung von unkoordinierten Papier- Dokumenten, wie üblich, zum Bauherrn, sondern als sog. „elektronische Gebäudeakte“, die der Betreiber/ Hausmeister für seine Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zeit- und kosteneffizient verwenden kann.

Wie ist die Ausgangssituation? Handwerkerqualität allgemein wird in Deutschland gut bewertet, doch der Sektor Bauwirtschaft ist aufgrund der komplexen Bauerstellung als "Unikate" fehleranfällig und der Umfang der Bauschäden pro Jahr viel zu hoch. Um Bauvorhaben wirtschaftlich erfolgreich, mangel- und unfallfrei abzuwickeln, ist die Koordination der Planungs- und Herstellungsprozesse von der Fertigung bis zur Nutzung der verschiedenen Bauwerksteile als fertiges Gebäude von größter Bedeutung. Wenige an der Baustelle verfügbaren Materialien sind zwar etikettiert, diese können jedoch vom Vorarbeiter oder "Bauhelfer" kaum mit dem Sollzustand nach Ausschreibung verglichen werden. Der Einbau und die Detail-Ausführung, wie beispielsweise Fugen und komplizierte Anschlüsse, sind meist in der Verantwortung des Bauleiters oder Handwerkers vor Ort. Daraus entstehen vielfach ausführungstechnische sowie bauphysikalische Probleme und damit Bauschäden in Millionenhöhe. Die tatsächliche Ausführung wird nicht dokumentiert und ist im Streitfall nicht nachvollziehbar. Der Investor und Gebäudebetreiber erhält mit der Übergabe meist den "goldenen Schlüssel" anstatt einer Daten-CD mit den Gebäudedaten und einer betreibergerechten Bedienungsanleitung. Die EU-Bauprodukten-Richtlinie BPR wurde eingesetzt, um einen freien Warenverkehr für Bauprodukte in Europa nach einheitlichen Regeln zu schaffen. Dort sind Bauprodukte als Oberbegriff für Baustoffe (Baumaterialien), Bauteile und ganze handelbare Bausysteme wie ein Fertighaus definiert. Die Verknüpfung der Kennzahlen einzelner Bau-

Produkte zu Kennzahlen für Baukonstruktionen ganzer Gebäude ist komplex. Jedoch sind Aussagen zum bautechnischen (z.B. Statik) und bauphysikalischen (z.B. Tauwasserfreiheit in Bauteilfugen) Verhalten solcher zusammengesetzter Fassaden, Dächer, Wände in den Bauvorschriften gefordert und nachzuweisen. Alle 6 wesentlichen Anforderungen nach BPR/BauPG basieren auf dieser nächst höheren Produktebenen (eingebaute Bauteile im ganzen Bausystem) als sog. "Funktionelle Einheiten" (FE) d.h. als Räume und Gebäude. Nur an der gesamten Glasfassade einschließlich der korrekten Fugendichtung funktioniert der Wärme-, Schlagregen- und Schallschutz. Weiterhin wird in der BPR, umgesetzt im deutschen Bauprodukten-Gesetz BauPG, § 5, für Bauprodukte der Nachweis der Brauchbarkeit bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während einer angemessenen Zeitdauer und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und Erfüllung der 6 wesentlichen technischen Anforderungen verlangt. Für diesen Nachweis der Gebrauchstauglichkeit über die vielen Jahrzehnte der Gebäudenutzung kann die elektronische Kennzeichnung und Datenhaltung mit RFID-Technik zur Verbesserung der Transparenz in den Bauprozessen beitragen.

Das Gesamtziel, die Potenziale von RFID-Technologien im Bauwesen (hier im Hochbau) aufzuzeigen, lässt sich nicht in einem Projekt "Kennzahlen und Bauqualität" erreichen. Bis zur Umsetzung in ein Bewertungs- und Zertifizierungssystem für Gebäude und deren Lebenszykluskosten sowie die Validierung an konkreten Testgebäuden sind mehrere Projekte "in Serie" und "parallel" durch verschiedene Projektnehmer, aber abgestimmt über die frühzeitig vereinbarten Schnittstellen und Ressourcen zu bearbeiten (Bild 1). Insgesamt scheint es nur über ein solches Großprojekt (Cluster) „RFID-Informationssystem“ möglich zu sein, die konservative Bauwirtschaft mit einer innovativen Technologie aufzuwecken, um Bauqualität zu erhöhen und Gebäudekosten zu senken.

2. Durchführung der Forschungsaufgabe

Die Arbeitsgemeinschaft „RFID-Technologien im Bauwesen“, kurz „ARGE RFIDimBau“, entstand auf Wunsch des Projektträgers BBR/BMVBS 2006, als 3 Teilprojekte zu Themen der RFID-Anwendung im Bauwesen bewilligt wurden. Die 3 Institutionen BU Wuppertal, Fraunhofer IBP + IMS, TU Dresden, Bild a, stimmten sich in der ARGE RFIDimBau bereits für die erste Untersuchungen und Präsentationen auf der Bau-Messe 2007 ab, um Synergien zu erzielen und betreiben seitdem eine gemeinsame Internetseite unter www.RFIDimBau.de. Die Bearbeitung der Ideen und Konzepte für eine Umsetzung der RFID-Technik im Bauwesen erfolgt in den jeweiligen Teilprojekten, zusammen mit den Vernetzungen z.T. auch zu externen Projekten. Ein gemeinsamer Lenkungsausschuss aus Vertretern des Zuwendungsgebers, der Bauverbände, der Architektur und einiger Bauwirtschaftsbereiche berät die ARGE RFIDimBau während der Projektlaufzeit. Ein Verhaltenskodex regelt die Zusammenarbeit und den offenen Umgang mit Informationen innerhalb der ARGE RFIDimBau. Die ARGE RFIDimBau ist für weitere Teilprojekte offen, solange diese nicht zu einer Doppelforschung führen. Beispielsweise kam im Nov. 2007 das 4. Projekt "RFID-Gebäude-Leitsystem für Einsatzkräfte" der TU Darmstadt dazu.

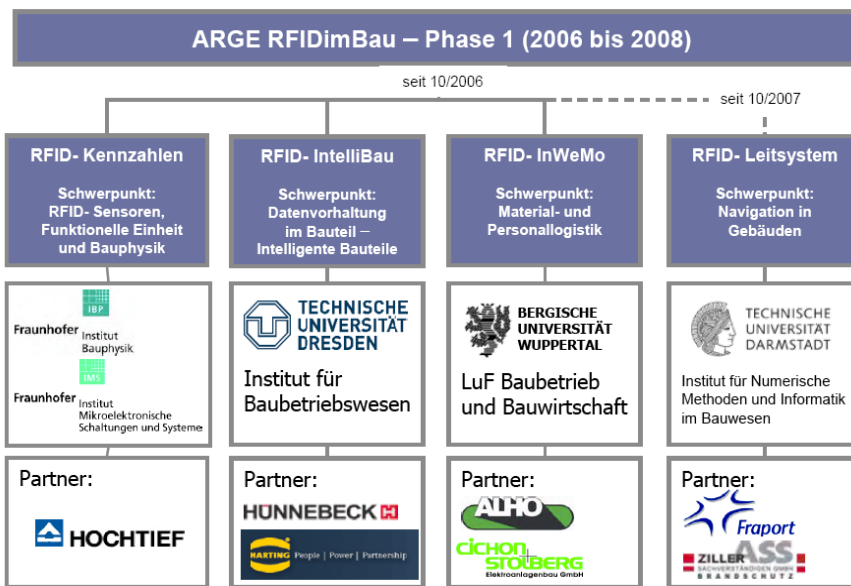


Bild a: Teilprojekte und Mitglieder im Forschungscluster RFID

Die RFID-Lösungen aus der Logistik von Textilien oder Maschinen können aufgrund der Besonderheiten des rauen Baustellenbetriebs und der langen Lebensdauer von Gebäuden nicht ohne Anpassungen und gezielte Untersuchungen auf die Bauwirtschaft übertragen werden. Deshalb sind entlang der mehrstufigen Wertschöpfungskette die relevanten Kennwerte zu erfassen und zu bewerten für

- bestellte, angelieferte Baustoffe oder Bauteile,
- an der Baustelle zu Konstruktionen zusammengesetzte und eingebaute Bauteile,
- Soll-Ist-Vergleich, Bauabnahme,
- Baudokumentation, Datenqualität,
- FM-Anforderungen im Regelbetrieb der Gebäude,
- Nachweise zu Umwelteigenschaften von Bausystemen und Gebäude.

Einige diese Kennwerte werden im Projekt beispielhaft analysiert und in aggregierte Daten zur bauphysikalischen Qualität von Funktionellen Einheiten umgesetzt. Die derzeit verfügbaren RFID-Techniken mit den elektronischen Etiketten, den sog. Transpondern, Lesegeräten, Datenspeicher- und Datenübertragungssystemen werden dargestellt. Welche Funktechnik für welche Bauanwendung geeignet erscheint, ergaben Tests im Labor der Fraunhofer-Institute IMS und IBP sowie an verschiedenen Anwendungsbeispielen und auf Baustellen. Als Demonstratoren wurden Fassadenelemente, Dämmstoffe und Bauteile aus der TGA mit RFID-Technik getestet und für die Funktionelle Einheit „Glasfassade“ und „Lüftungstechnik“ im Modell erprobt. Die Nutzung auf der Baustelle wird am sog. »Digitalen Kiosk für die funktionelle Einheit« dargestellt: dort können Kenndaten, Einbauanleitungen, Checklisten und Fotos mit Hilfe einfacher Sprachausgabe und Diktierfunktion handwerkergerecht aufs Gerüst geholt werden. Der Transport der Daten während der Bauausführung und im anschließenden Baubetrieb („Facility Management“) sowohl auf den Bau-Server als auch zum Unternehmen, zum Bauteam und zur Bauleitung wurde analysiert. Beispiele solcher Kennzahlen, also die Unterscheidung von statischen und dynamischen Informationen zu Baupro-

dukten, zu Baukonstruktion mit bauphysikalisch wichtigen Daten zum Einbau, zur Fertigstellung, Abnahme und Übergabe an den Bauherrn und Nutzer in Datenbanken und der Kommunikation zum RFID-Transponder werden aufgezeigt. Daraus lassen sich dann Kennzahlen für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb in den unterschiedlichen Planungszeiträumen (Vorplanung nutzt Solldaten, Ausführungsplanung nutzt Istdaten) ableiten und über die sog. „digitale Gebäudeakte“ verständlich machen. Die Präsentation erster Ideen und Ergebnisse aus dem Projekt erfolgte in der Projektgemeinschaft „ARGE RFIDimBau“ auf den Fachmessen BAU 2007 in München, Deubau 2008 in Essen, Bautech/ Build IT 2008 in Berlin (siehe <http://www.rfidimbau.de/pages/rfid-im-bau/veranstaltungen/rfid-kongress-2008.php>) und der Euro-ID 2008 in Köln.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Analyse der zum Projektstart 2006/2007 verfügbaren RFID-Technik erfolgte durch das Fraunhofer-IMS: anhand von 18 verschiedenen Transpondern und Inlays, 6 Lesegeräten, 4 standardisierten Funkfrequenzen, verschiedenen Server- und Middleware-Strukturen wurde ein sog. RFID-Guide für die ganze ARGE erarbeitet. Tests unter variablen Bau- und Bauteil-Bedingungen (Metall- und Nichtmetallumgebung) in Laboren, ein Technologievergleich und die Evaluierung an stationären Antennenportalen an der Baustelle der Fraunhofer-Anlage „InHaus2“ in Duisburg schlossen sich an. So konnten Transponder, Antennen und Kenndatenerfassung mit realen Fassadenelementen auf dem Weg vom Hersteller in Gundelfingen durch das RFID-Gate bis zur Montage und Abnahme untersucht werden.

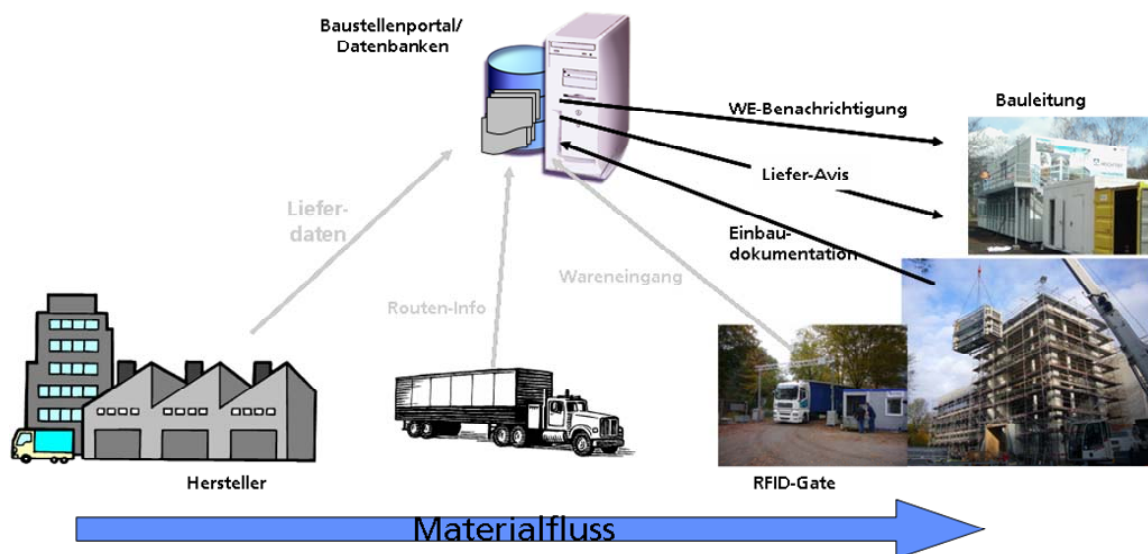


Bild b: Darstellung der Informations- und Kenndatenflüsse im Bauprozess „Fassade“.

Parallel erfolgte die Analyse der Kenndaten in Bauprozessen mit Relevanz zu nachhaltigem Bauen und der Erwartungen aus den normativen und gesetzlichen Anforderungen. Anhand von Praxisbeispielen und Herstellerbefragungen wurden Kenndaten und derzeitigen Kennzeichnungspraxis zu einigen bauphysikalisch wichtigen sog. Funktionellen Einheiten exemplarisch untersucht: „Glasfassade“, „Bauabdichtung/Flachdach“, „Trockenbauwand“, „Lüf-

tungsanlage/RWA“. Die Beschreibung der Kommunikations- und Informationspfade in Bauprozessen zur Identifikation von Schnittstellenproblemen und Ansätze für die elektronische Kennzeichnung (Bild b) führte zu Erkenntnissen zum Aufbau der neuen Anwender-Software „Baustellen-Kiosk“. Daran schloss sich die Diskussion von Fehlerquellen, Verbesserungsansätzen und Chancen für die RFID-Technik am Bau an (Bild c).

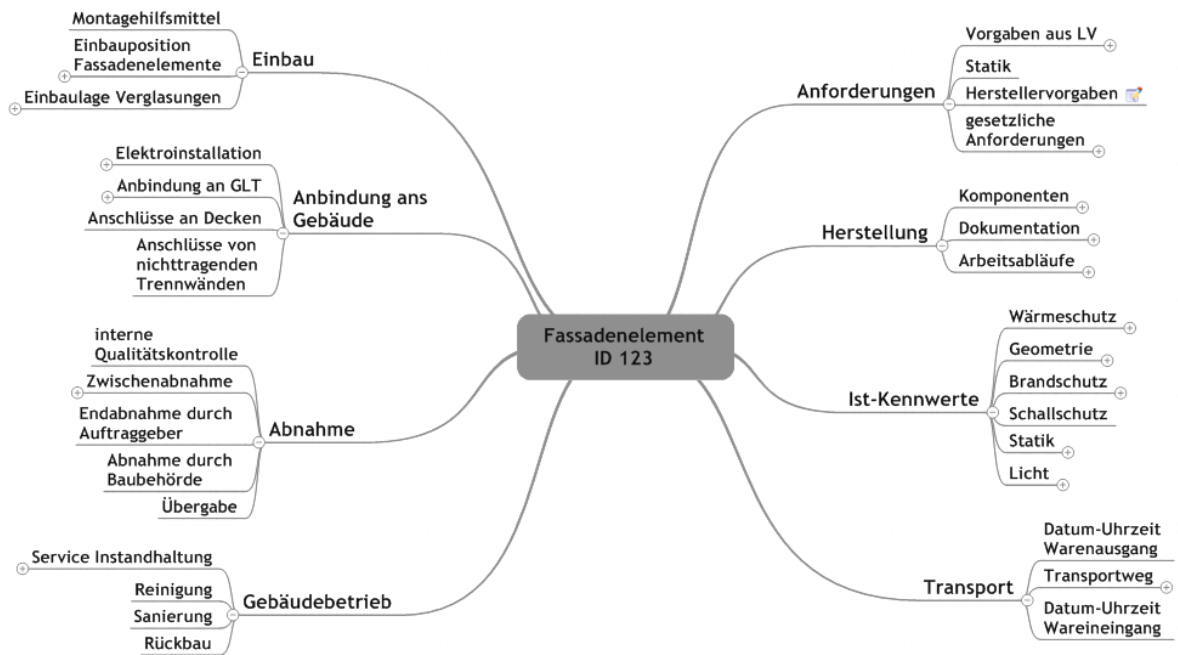


Bild c: Informations-Kategorien und Chancen für RFID-Technik am Beispiel Fassadenelement.

Der Demonstrator „Glasfassade“ wurde am Modell und einer Baustelle als Pfosten-Riegel-Konstruktion untersucht. Das Fügen zu einer funktionellen Einheit erfolgt auf der Baustelle. Da dort die Gefahr von Verwechslungen besteht, sollten alle Hauptkomponenten jeweils mit einem Transponder versehen werden (Bild d). Allerdings kommen insbesondere bei großen Fassadenflächen mit sehr kleiner Elementierung rasch mehrere hundert Transponder zusammen, was bei den derzeitigen Kosten für Transponder dann eine Frage der Wirtschaftlichkeit ist. Ein Mittelweg stellt die Reduzierung der Kennzeichnung bei Pfosten und Riegeln auf einen Transponder je Fassadenabschnitt und Konstruktionsart dar. Verglasungen, Dämm- Paneele sowie Sonnenschutzvorrichtungen wären weiterhin auf Einzelbauteilebene zu kennzeichnen. Dies ermöglicht auch nachträgliche Bohr- und Schneidarbeiten an den Profilen auf der Baustelle ohne auf die mögliche Beschädigung von Transpondern Rücksicht nehmen zu müssen. Bei einer Pfosten-Riegel-Fassade ist es deutlich schwieriger Standards für die Platzierung der Transponder zu vereinbaren. Wichtig ist aus o.g. Gründen zumindest je Objekt die durchgehende Einhaltung einer Kennzeichnungsebene, d.h. alle Transponder möglichst raumseitig anzubringen. Dadurch lassen sich nach der Bauabnahme der Betrieb der Bauteile (Reinigung, Reparatur) leicht über die RFID-Technik organisieren.

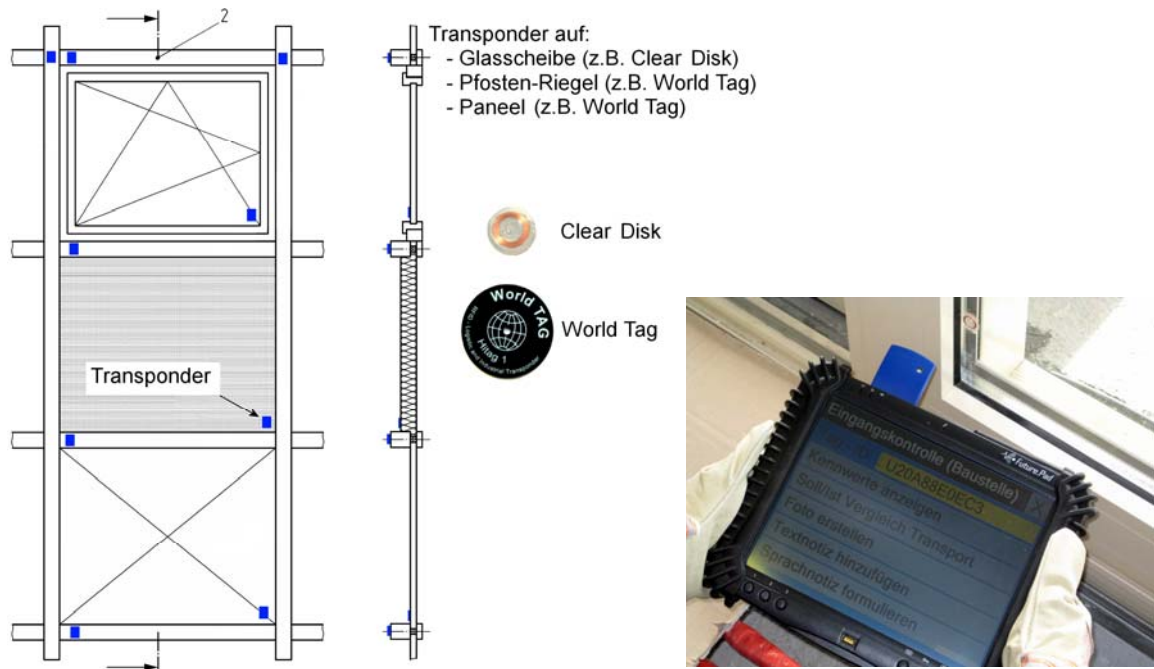


Bild d: Beispiel für Kennzeichnung einer Pfosten-Riegel-Fassade mit RFID-Transponder (links) und RFID-Kontrolle an der Baustelle mit Tablet-PC und Kiosk-Software (rechts).

Folgende weitere Anwendungen wurden an den Demonstratoren „Glasfassade“ und „Lüftungsanlage“ untersucht: Automatischer Vergleich der Bauphysik-Kennwerte mit Sprachausgabe an der Baustelle, Bewertung mit den Sollwerten, Datenkontrolle beim Elementhersteller und an der Baustelle, Ausgabe der Positionszuordnung und Einbaulage für zu montierende Bauelemente, Plagiatschutz, Überwachung der Montagemittel zur Qualitätssicherung, Mängelmanagement bei Abnahme und Facility Management (FM), Transponderart.

Die wichtigsten Forderungen für noch fehlende Bausteine lassen sich aus der Sicht des Teilprojekts Kenndaten und Bauqualität („Bauphysik“) wie folgt zusammenfassen:

Fazit 1: Technische Weiterentwicklung der Multifrequenzfähigkeit von Transpondern und Lesegeräten ist für das Bauwesen notwendig

Mit keiner der aktuell verfügbaren Frequenzen können die Anforderungen aller Bauprozesse bedient werden. Weder kann es den Bauschaffenden zugemutet werden mit mehreren Lesegeräten gleichzeitig arbeiten zu müssen, noch ist es bei den heutigen Kosten wirtschaftlich, Bauteile mit mehreren Transpondern zu kennzeichnen. Außerdem besteht bei der Mehrfach-Kennzeichnung die Gefahr, dass bei der Zuordnung mehrerer Transponder zu einem Bauteil Fehler entstehen.

Fazit 2: Einrichtung zentraler Serverstrukturen in Verbindung mit einer digitalen Gebäudeakte als Hilfe zur Gebäudezertifizierung

Erst mit Vernetzung und weiterer Verwertung sind die vorgestellten RFID-Konzepte sinnvoll anwendbar. Nach dem Vorbild des Internets muss rasch eine Infrastruktur geschaffen werden, auf Basis derer sich weitere branchen-spezifische Dienste etablieren können. Mit den durch die ARGE RFID bisher und zukünftig aufgezeigten Nutzen und Möglichkeiten können kommerzielle Service-Anbieter den Bedarf und ihr Risiko, in der Baubranche aktiv zu werden, deutlich besser einschätzen. Außerdem werden für einen wirtschaftlichen Betrieb solcher Informationssysteme auf kommerzieller Basis bauspezifische Anwendungen wie die Bewertung und Zertifizierung „Nachhaltig gebauter Gebäude“ benötigt.

Fazit 3: Einrichtung von nichtkommerziellen, freien Transponder-Suchdiensten für die Stärkung des europäischen Bauproduktenmarktes

Schon heute werden zur Recherche im Internet Suchdienste für spezielle Dateitypen, Bilder, Videos, Orte, Produkte etc. angeboten. Es ist zu erwarten, dass mit zunehmender Verbreitung der RFID-Technologie auch zu vielen Bauprodukten und Transponder-IDs im Internet frei zugängliche Informationen und Fakten ganz unterschiedlicher Qualität bereitgestellt werden. Um diese Informationsressourcen nutzen und zu Qualitätskriterien bewerten zu können, sind weitere Hilfsmittel als Ergänzung zu Punkt 2 zukünftig wichtig und notwendig. Die Anbieter von Spezialsuchdiensten werden solche Dienste auflegen. Gleichzeitig sichern nichtkommerzielle Alternativen den Wettbewerb und reduzieren Oligopolbildungen von einigen wenigen Diensteanbietern.

Fazit 4: Ausblick und weitere Umsetzungen

Im jetzt abgeschlossenen Projekt lagen die Schwerpunkte auf der RFID-Technik selbst und in der Analyse und Bewertung zur Nutzung im Bereich der Bauphysik an Bausystemen mit wichtigen funktionellen Einheiten (Fassade, Lüftung). D.h. bisher war die Lebenszyklusphase eines Bauwerks "Erstellung" im Vordergrund. In der Phase 2 „Kennzahlen und Sensor-RFID“ soll die Nutzungsphase eines Bauwerks untersucht werden, um die RFID-Kennzeichnungssysteme in den vieljährigen Zyklen des Baubetriebs und der Bauunterhaltung zu analysieren. Hierfür werden neben statischen Informationen über die Herkunft und Qualität eingesetzter Bauprodukte auch dynamische Informationen über den aktuellen Zustand dieser Bauteile oder Anlagen benötigt, da im Laufe der Nutzung Verschleiß, Alterung, Verwitterung, Feuchtebelastung oder Verschmutzung die ursprünglichen Eigenschaften im Neuzustand maßgeblich ändern können. Dazu können die neu am Markt erhältlichen Sensor-RFID-Transponder ohne aufwändige Verkabelung auch im Rahmen der Altbausanierung eingesetzt werden. Mit den Hilfsgrößen wie Temperatur, Druck, Feuchte (ggf. Kraft, Dehnung, Licht/ Beleuchtungsstärke oder Frequenz) lassen sich Energieeffizienz, Hygienezustände und Sicherheitsaspekte im Gebäudebetrieb messtechnisch erfassen und auch über längere Zeiträume protokollieren. Darin liegt ein noch unerschlossenes Potenzial für die RFID-Techniken, um die Unterhaltskosten von Gebäuden zu reduzieren und die Effizienz und Bauqualität zu erhöhen. Die weiter zu entwickelnden Datenfluss- und Verknüpfungsmodelle müssen der Vielschichtigkeit solcher Anwendungen gerecht werden, um auf breite Akzeptanz zu stoßen. Daher wird in enger Zusammenarbeit in der ARGE RFIDimBau ein modularer Aufbau des Informationsweges vom RFID-Etikett bis zum Anwender über die Nutzung weit verbreiteter Standards angestrebt. Diese Integration in "Architektur-Prozesse" kann nur in guter Übereinstimmung mit den Fachverbänden der Bauwirtschaft (u.a. HDB, ZDB), der Software-Anbieter (z.B. BVBS) und der Gerätehersteller sowie den Regelsetzern und Behörden erfolgen.