



Kurzfassung Forschungsbericht

Das intelligente Bauteil im integrierten Gebäudemodell Pilotprojekt zur Anwendung der RFID-Technologie in Bauteilen

RFID-IntelliBau 2

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

Aktenzeichen: 10.08.18.7- 08.14

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Stefan Seyffert
Dipl.-Ing. Steffi Wagner
Dipl.-Ing. Markus Netzker

Dipl.-Ing. Nikolai Michailenko
Dipl.-Ing. Manuel Hentschel

Mitautoren:

Praxispartner: Klebl GmbH
Gößweinstraße 2
92318 Neumarkt in der Oberpfalz

Ed. Züblin AG, Zentrale Technik
Albstadtweg 3
70567 Stuttgart

Betonwerk Oschatz GmbH
Mühlberger Straße 17-19
04758 Oschatz

BIB GmbH
In der Spöcke 8
77656 Offenburg

Harting Electric GmbH & Co. KG
Wilhelm-Harting-Str. 1
32339 Espelkamp

Datum: Dresden, 10.08.2011

1 Grundlagen

Durch den Einsatz der RFID-Technologie (Radio-Frequenz-Identifikation-Technologie) werden die Prozesse der Lagerhaltung und Warenwirtschaft sowie der industriellen Herstellung von Gütern seit mehreren Jahren optimiert, wobei die Steigerung der Wirtschaftlichkeit sowie die Steigerung des Qualitätsniveaus die Chancen der Unternehmen im globalisierten Markt deutlich verbesserten.

Die konsequente und durchgängige Nutzung solcher Systeme im Bauwesen ist bisher nicht der Fall. Die ARGE-RFID im Bauwesen forscht seit 2007, um diese Technologie auch für das Bauwesen anwendbar zu machen. Dazu wurde ein Datenflussmodell entwickelt, welches das Arbeiten und das Weiterleiten der großen Anzahl an Daten innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes medienbruchfrei gestaltet.

Der klassische Datenfluss in Verbindung mit einem Bauwerk, von der Errichtung über den Betrieb bis hin zum Abbruch, ist durch so genannte Medienbrüche geprägt. Bei diesen erfolgt eine permanente Umwandlung von digitalen Daten in analoge Daten und umgekehrt. Diese Wechsel sind fehleranfällig und regelmäßig mit Datenverlusten verbunden (vgl. Abbildung 1). Die Fehlerbehebung, aufwendige Bauwerksaufnahmen oder die Wiederbeschaffung der verlorenen Daten sind mit erheblichem zusätzlichen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden.

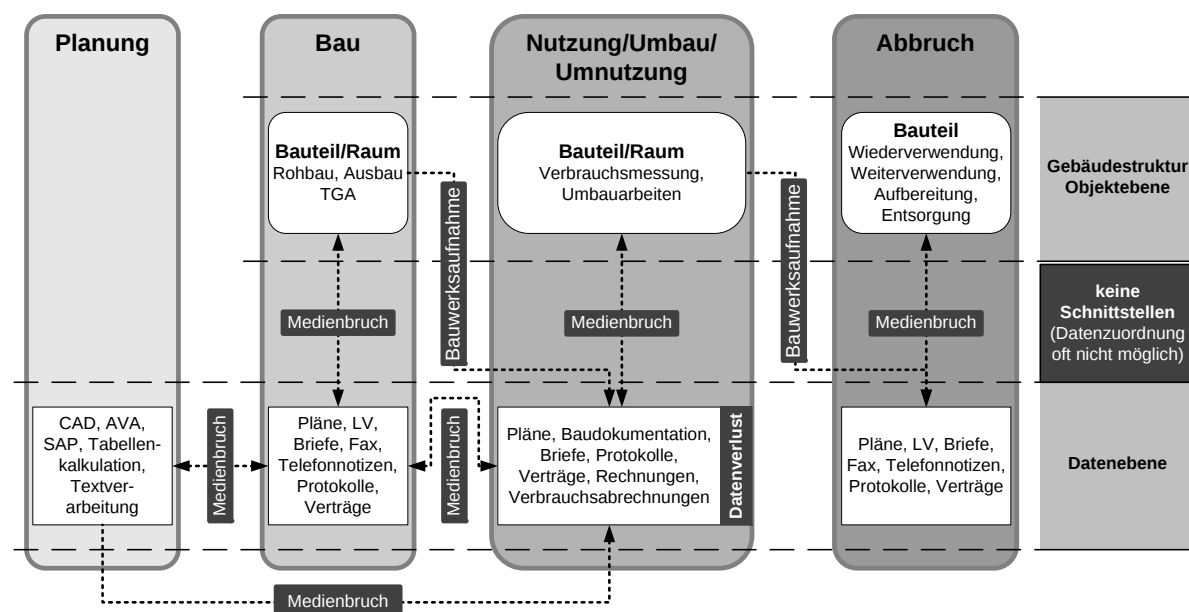


Abbildung 1: Klassischer Datenfluss¹

Durch die Nutzung moderner Kommunikationsmittel, sowie von Projekträumen oder Projektplattformen im Internet lassen sich die Medienbrüche zwischen den einzelnen Lebenszyklen weitestgehend beheben. Die Medienbrüche zwischen der so genannten Datenebene, wie beispielsweise Projekträumen, und dem Bauwerk am Produktionsort, der so genannten Objektebene, bleiben allerdings erhalten. Das Bindeglied zur Überwindung dieser Medienbrüche zwischen der Objektebene und der Datenebene ist die RFID-Technologie². Dazu sind

¹ Aus: Jehle et al. 2011

² RFID: Radio Frequenz Identifikation

alle raumbildenden und tragenden Bauteile, wie beispielsweise Wände, Stützen, Böden oder Decken mit Transpondern ausgestattet.

Mit der Forschungsarbeit „IntelliBau 2“ konnten die theoretisch ermittelten Grundlagen aus der ersten Forschungsphase („IntelliBau 1“) in der Vorfertigung von Stahlbetonbauteilen und auf der Baustelle³ erstmals unter Praxisbedingungen getestet und analysiert werden. Dabei war es wichtig, die in der ersten Phase unter Laborbedingungen entwickelten Vorgaben, wie Einbaustellen der Transponder, Lesereichweiten und das Modell zur Anwendung unter realen Einflüssen zu prüfen und weiter zu entwickeln.

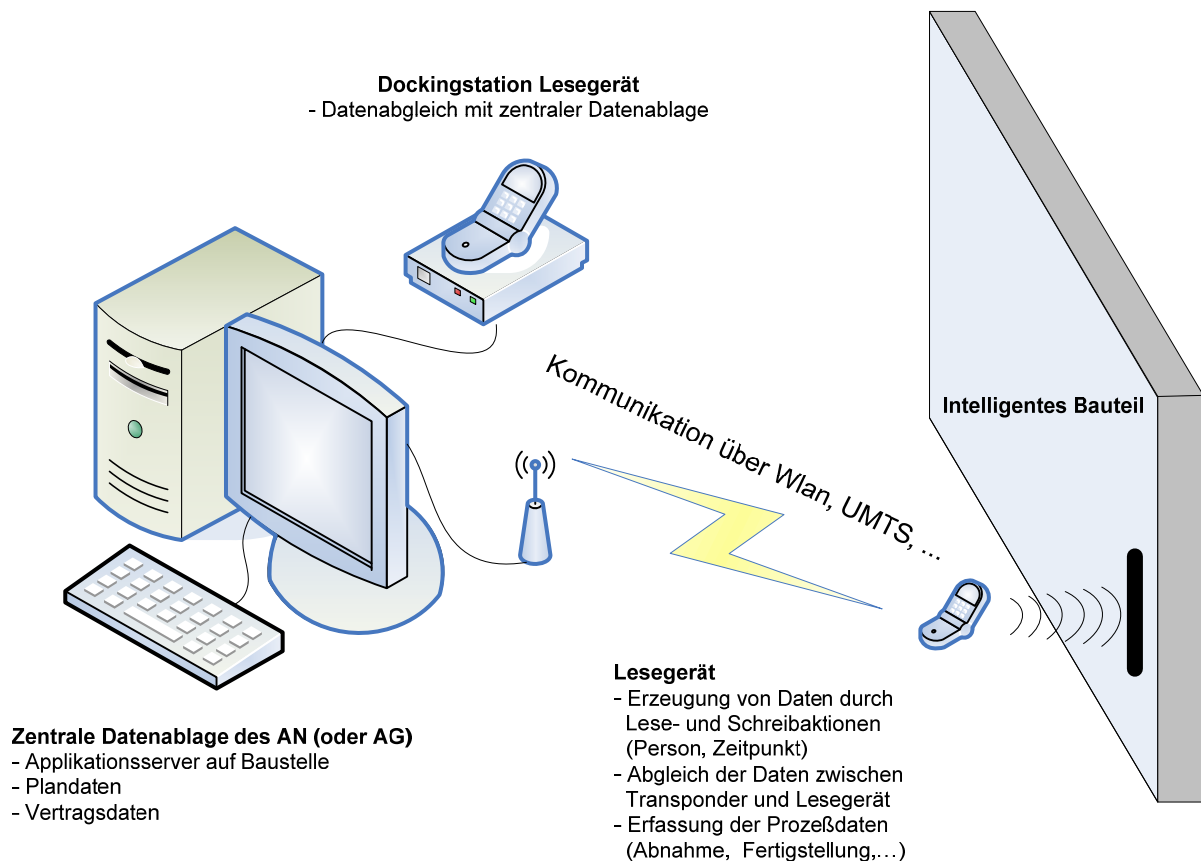


Abbildung 2: Datentransfer innerhalb eines semidezentralen Systems

2 Vorfertigung

Beim Einsatz von RFID-Anwendungen in der Herstellung von Fertigteilen sind vor allem die folgenden Vorgaben von Bedeutung:

- die Positionierung der Bauteiltransponder,
- die Bauform, sowie
- die Lesereichweiten.

Die Positionierung der Bauteiltransponder ist für die Herstellung der Fertigteile kein Problem. Da die meisten Fertigteile liegend hergestellt werden, ist einer der beiden Transponder immer nach oben orientiert. Damit beide Transponder beim Verlassen des Werkes die richtigen

³ Pilotprojekt: Neubau für das Ministerium der Finanzen des Landes Brandenburg in Potsdam (LMdF)

Daten enthalten ist es wichtig, bei der Endkontrolle eine Synchronisation der Daten mit dem zentralen Rechner vorzunehmen. Die Bauform der am Markt verfügbaren Transponder ist prinzipiell akzeptabel. Eine flachere Form, wie sie der im Forschungsprojekt getestete Transponder-Prototyp von Harting aufweist, könnte mit entsprechender Befestigungstechnik den Einbau der Transponder vereinfachen. Die Lesereichweiten sind vom Hydratationsgrad des Betons abhängig. Somit sind im Fertigteilwerk oft nur geringere Lesereichweiten erzielbar, was aber für die Nutzung der RFID-Technologie kein Problem darstellt.

Im vorgestellten Modell „Fertigteilwerk“ sind einem Bauteil neben den beiden einzubauenden Transpondern ein Schalungstransponder, sowie ein Einbauteiletransponder zugeordnet. Die Untersuchungen zum Einsatz von stationär installierten Lesegeräten in den Produktionshallen haben gezeigt, dass diese nur in Verbindung mit der Schalungsherstellung und der Herstellung von Bewehrungskörben sinnvoll eingesetzt werden können. Dies eröffnet die Möglichkeit, am Fertigungsort automatisch zu überprüfen, ob die richtige Schalung, der richtige Bewehrungskorb und die richtige Kiste mit den Einbauteilen vorhanden sind. Der Einbau falscher Komponenten wird somit fast unmöglich.

Der Einsatz von fest installierten Lesegeräten bei der Schalungsherstellung und der Herstellung der Bewehrungskörbe ist technisch zwar möglich, aber nicht notwendigerweise erforderlich. Die Lesevorgänge sind üblicherweise an Kontrollprozesse geknüpft. Bevor beispielsweise die Freimeldung der Schalung erfolgen kann, muss diese kontrolliert werden. Dazu muss eine zuständige Person an die Schalung herantreten und diese kontrollieren. Dabei kann ein mobiles Lesegerät, ein sogenanntes Hand-Lesegerät, welches Leseentfernungen bis 1 m zulässt, genutzt werden.

Sobald das Bauteil mit Frischbeton befüllt wird, ist die Nutzung der stationären Lesegeräte nicht mehr möglich. Leseabstände von 25 cm bis 50 cm sprechen dagegen. Wie eben beschrieben gilt aber auch hier, dass die fertigen Bauteile von den Bearbeitern kontrolliert und abgenommen werden müssen. Dazu ist eine visuelle Kontrolle unumgänglich, wozu das Lesen und Beschreiben der Transponder mit geringen Leseabständen sehr förderlich ist.

Bei den Untersuchungen gelang der Nachweis, dass die RFID-Technologie in eine am Markt verfügbare Software zur Prozessplanung und -überwachung eingebunden werden kann und eine Datenverbindung zur Schalung, zum Bewehrungskorb und zum fertigen Bauteil aufzubauen ist. Erst mit den Leseereignissen und den daraus entstehenden Daten kann diese Software ihr ganzes Potenzial ausschöpfen. Dieses Potenzial wird aktuell nicht genutzt, da der manuelle Aufwand zur Datenpflege zu hoch ist, da aktuell Prozessschritte wie Freigaben, Fertigstellungsmeldungen etc. manuell durch das Ausfüllen von Formularen (wie dem Bauteiletikett, dem Bewehrungsetikett, der Produktionsliste oder dem Tagesbericht) erfolgen müssen.

Eine manuelle Datenpflege ist mit der RFID-Technologie jedoch nicht mehr notwendig. Es müssen lediglich die erforderlichen Lesevorgänge innerhalb der Produktion vorgenommen werden. Diese Vorgänge sind jedoch immer in Verbindung mit Prozessschritten wie einer Fertigstellungsmeldung, einer Freigabe oder Abnahme verbunden. Das Protokollieren dieser Prozessschritte erfolgt dann nicht nur manuell, sondern elektronisch über das Lesegerät. Es entstehen also keine zusätzlichen Vorgänge für die beteiligten Personen.

3 Hochbau in Ortbeton

Bei der Errichtung von Hochbauten wirken bereits vor der ersten Leistungserbringung vor Ort zahlreiche Beteiligte zusammen und entwickeln, je nach Fortschrittlichkeit der eingesetzten Werkzeuge, Informationen in einem mehr oder weniger integrativen Bauwerksmodell. Während der Ausführungsphase eines Projektes müssen diese digitalen und analogen Informationen zum Objekt transferiert, und dort Prozess- und Materialinformationen zur Qualitätssicherung und Prozesssteuerung erhoben und anschließend weitergegeben werden. Dies erfolgt gerade am Objekt bisher fast ausschließlich mündlich oder analog in Papierform. Den Abschluss der Ausführungsphase bildet die Bauwerksdokumentation, die eine der wichtigsten Grundlagen für den Betrieb darstellt und deren Fortschreibung die Grundlage für die Verwertung sowie den Abbruch bilden sollte.

Für eine medienbruchfreie Kommunikation zwischen Daten- und Objektebene ist eine jederzeit valide Schnittstelle am Bauteil unabdingbar. Die unter Laborbedingungen ermittelten Messwerte und getroffenen Annahmen für die Anwendung der RFID-Technologie im Bauwerk⁴ wurden in dieser Forschungsphase unter Praxisbedingungen überprüft und verfeinert. So konnte während der Errichtungsphase im Rohbau und Grundausbau die erfolgreiche Installation des Systems durch den jeweiligen Einbau von mindestens zwei Transpondern in jedes Bauteil nachgewiesen werden. Die entwickelten Einbauvorschriften wurden anhand der praktischen Erfahrungen optimiert und erweitert, so dass diese auf andere übliche Hochbauten übertragen werden können.



Abbildung 3: Anwendung der RFID-Technologie während der Bauphase

Der Einbau der Transponder konnte bauwerksübergreifend mit geringstem Aufwand in den normalen Fertigungsprozess der Bauteile aus Stahlbeton, Mauerwerk und Trockenbau integriert werden. Die meist für die Logistik entwickelten am Markt verfügbaren Transponder konnten mit ihrer Bauform gut in die Bauteile eingebaut werden. Die Ausfallrate infolge von Beschädigung oder Fehlinstallation wurde über die verschiedenen Phasen von der Erstinstallation der Transponder bis nach der Übergabe des Gebäudes an den Nutzer untersucht und stellt mit lediglich 2,17 % der Transponder ein sehr positives Ergebnis dar. Aufgrund der Nutzung der Datenspeicher in den Bauteilen während der Errichtung und der Möglichkeit, in dieser Phase mit geringem Aufwand fehlerhafte Transponder zu ersetzen, kann von der sehr guten Validität eines zu installierenden Systems ausgegangen werden, da nach dem erfolg-

⁴ Vgl. Jehle et al. 2011.

reichem Einbau der Transponder kein weiterer Ausfall der Transponder mehr festgestellt werden konnte.

Selbst mit den heute verfügbaren Komponenten, die nicht für das Bauwesen entwickelt worden sind, kann somit der Einsatz auf der Baustelle sichergestellt werden. Die momentane Entwicklungsrichtung der Transponderhersteller zu immer größeren Speicherkapazitäten und energieeffizienteren Mikroprozessoren, die durch eine geringere Stromaufnahme höhere Reichweite erzielen, erleichtert zukünftig auch in derzeit noch schwierigen Anwendungsfällen, den Einsatz von Bauteiltranspondern.

In der Anwendung erweist sich das System von Bauteiltranspondern und Lesegeräten im Zusammenhang mit den normalen operativen Aufgaben der Bauausführung und des Gebäudebetriebs vor Ort als praktikabel. Hauptsächlich beeinflusst durch den Aufbau und die Materialien der Bauteile konnten in der Regel Lesereichweiten zwischen einem halben und zwei Metern auf der Baustelle erzielt und die Transponder überwiegend beim ersten Leseversuch ausgelesen werden. Für die einzelnen Anwendungsszenarien wurden akzeptable durchschnittliche Aufwandszeiten ermittelt. So konnten als Durchschnittswerte beispielsweise für das Auslesen der Transponder 13,1 Sekunden, für das Beschreiben 22,4 Sekunden und für das Bearbeiten von Bauteilinformationen innerhalb eines Programmes 48 Sekunden bestimmt werden. Durch die digitale Speicherung und die damit mögliche Auswertung werden diese Aufwendungen durch die sonst notwendige manuelle Erfassung und das Einpflegen in EDV-Systeme oder Ablagen mehr als aufgehoben.

Im Bereich der Lesegeräte wurden Geräte sowohl für den mobilen Einsatz aus dem Logistikbereich als auch ein selbst entwickelter Prototyp⁵ getestet. Während die mobilen Lesegeräte aufgrund ihrer Handlichkeit gut dauerhaft über mehrere Stunden eingesetzt werden konnten, sind sie gegenüber dem Prototypen durch die geringe Anbindungsfähigkeit von Anwendersoftware direkt auf dem Gerät in der Möglichkeit, Daten vor Ort auszuwerten und zu bearbeiten, eingeschränkt. Der Prototyp ermöglicht dagegen alle Anwendungen eines herkömmlichen mobilen Arbeitsplatzes. Aus der Nachfragesituation, beispielsweise auch aus dem Gesundheitswesen, können Leistungssteigerungen der verfügbaren Lese- und Anwendungsgeräte beobachtet werden.

Momentan stellt für die vollständige Nutzbarkeit des „Intelligenten Bauteils“ der Dateninput eine Einstiegshürde dar. Aufgrund fehlender Schnittstellendefinition können Anwendungen nicht automatisiert kommunizieren. Durch fehlende Transferprotokolle und Datendefinitionen entlang der Informationskette, vom Planer und Materialproduzenten bis hin zum Bauteil, besteht ein mehrfacher Bruch. Dieser Bruch ist durch eine einheitliche Festlegung zu überwinden, so dass alle am Gebäude Wirkenden von der detaillierteren und sicheren Kommunikationsmöglichkeit am Bauteil und den damit verbundenen Informationen profitieren können. Die erforderliche Integration und Definition der Schnittstellen von tangierenden Anwendungen und Beteiligten ist Ziel einer abschließenden, beantragten Forschungsphase.

⁵ Dieser Prototyp besteht aus einem Tablet-PC, der mit einem Lesegerät gekoppelt wurde. Die Anbindung des Lesegerätes erfolgt per Bluetooth. Der Einsatz des Tablet-PCs kann wie bei einem vollwertigen Notebook erfolgen.

4 Anwendungsszenarien in der Nutzungsphase

Hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeiten in der Nutzungsphase von Gebäuden gibt es ein breites Spektrum von Szenarien. Dabei kann die RFID-Technologie von allen Nutzergruppen eines Gebäudes vom Mieter bis zum Betreiber genutzt werden.

Im Facility Management kann die RFID-Technologie z. B. dazu verwendet werden, das Mängelmanagement in der Gewährleistungsphase zu unterstützen. Da in jedem Bauteil Informationen über Materialien und ausführendes Unternehmen hinterlegt sind, lässt sich schnell und einfach die Gewährleistungspflicht des Erstellers in Anspruch nehmen. Zudem können so die sich aus der Mängelbeseitigung ergebenden verlängerten Fristen für die Gewährleistung bauteilgenau verwaltet werden. Parallel dazu werden alle Daten in den Bauteilen stets aktualisiert.

Eine andere mögliche Anwendung ist die Unterstützung von Rettungskräften im Einsatz. Neben kontextbezogenen Informationen zum Objekt werden die Rettungskräfte über die RFID-Transponder und deren Position im Bauwerk zum Einsatzort navigiert.

Weitere vorgestellte Szenarien sind Anwendungen zur Unterstützung der Instandhaltung und Wartung, zum Structural-Health-Management von Gebäuden (Gebäudezustandsüberwachung), Anwendungspotenziale für den Gebäudenutzer und Einsatzmöglichkeiten im Zusammenhang mit gebäudebezogenen Dienstleistungen.

Voraussetzung für die vorgestellten Anwendungsszenarien ist jedoch, dass die Transponder bereits in der Bauphase integriert und die Informationen fortlaufend dokumentiert und aktualisiert wurden.

5 Personelle und monetäre Auswirkungen in der Bauphase

Während der Untersuchungen im Pilotprojekt konnte baubegleitend die Erfassung von Einbauzeiten und weiteren Prozessen (z. B. Vorbereitungen zum Einbau und Planungsaufwand) erfolgen. Diese Erfassung bildet die Grundlage für die Beurteilung des Aufwandes für den Einbau der Transponder, also die Integration der RFID-Technologie in den Bauprozess.

Der Aufwand für den Einbau der Transponder in verschiedene Bauteile hat sich in Bezug auf den zeitlichen Aufwand als verschwindend gering erwiesen. Bei den meisten Baustoffen kann er ohne zusätzlichen Aufwand in die regulären Prozesse eingebunden werden. Der Vergleich der ermittelten Einbaudauern mit dem Gesamtaufwand des Bauvorhabens zeigt, dass der Anteil der Einbauten nur 0,28 % beträgt. Dies ist ein zu vernachlässigender Anteil an der Bauzeit, wenn dadurch andere Prozesse deutlich optimiert werden können.

Der Planungsaufwand lag im Pilotprojekt LMdF Potsdam bei einigen Stunden, die jedoch bezogen auf die Gesamtbauzeit nicht ins Gewicht fallen. Die Zeit, die für die Transponderplanung erforderlich war, kann durch verschiedene Entwicklungen in der Bauwerksplanung (Makros, objektorientierte Planung o. ä.) weiter reduziert werden.

In einer beispielhaften Berechnung unter Berücksichtigung verschiedener projektspezifischer Eigenheiten konnte abschließend ein Vergleich zwischen Kosten des RFID-Systems und dem zu erwartenden Nutzen abgeschätzt werden. Dabei zeigte sich, dass der Nutzen deutlich über den Kosten für den Einbau und den Unterhalt des Systems liegt.

Auch wenn der Nutzen des Gesamtsystems an dieser Stelle auf Grund von noch nicht ausreichend entwickelter Hard- und Software nur anhand von ausgewählten Annahmen möglich war, ist doch erkennbar, dass nach der Einführung eines Komplettsystems und einer gewissen Startphase die Investitionskosten schnell amortisiert und weitere Einsparungen erzielt werden können. Zudem ist die enorme Steigerung in der Qualität der vorhandenen Daten für alle Geschäftsbereiche im Bauwesen und im anschließenden Betrieb der Gebäude ein Zugewinn.

Literatur

- Jehle et al. 2011* Jehle, Peter ; Seyffert, Stefan ; Wagner, Steffi: IntelliBau : Anwendbarkeit der RFID-Technologie im Bauwesen. 1. Aufl. Wiesbaden : Vieweg + Teubner; Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 2011 (Vieweg + Teubner Research, Schriften zur Bauverfahrenstechnik). – ISBN 978-3-8348-1468-5