



Munich Personal RePEc Archive

Usage of mobile communication technologies in construction industry

Gumpp, Andreas and Paulus, Florian and Pousttchi, Key

University of Augsburg

2005

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/3782/>

MPRA Paper No. 3782, posted 02 Jul 2007 UTC

Einsatz mobiler Kommunikationstechnologien in der Baubranche

Andreas Gumpp, Florian Paulus, Key Pousttchi

Universität Augsburg
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Systems Engineering
Arbeitsgruppe Mobile Commerce
Universitätsstraße 16
86159 Augsburg
andreas.gumpp@student.uni-augsburg.de
florian.paulus@student.uni-augsburg.de
key.pousttchi@wiwi.uni-augsburg.de

Abstract: Bauunternehmen sind ein Spezialfall von Organisationen, deren operatives Geschäft mobil durchgeführt wird. Insbesondere in der Bauausführungsphase stehen dabei einem hohen Kostendruck erhebliche Effizienzreserven durch eine Steigerung des Koordinationsgrades gegenüber. Neben der Vielzahl mobiler Arbeitsplätze wirken sich hier insbesondere die Mobilität des Geräteparks und die durch zunehmende Spezialisierung erforderlichen unternehmensübergreifenden Prozesse aus. Der Beitrag analysiert diese Problematik und zeigt anhand ausgewählter Szenarien auf, wie mobile Technologien nach den Grundsätzen mobiler Geschäftsprozesse eingesetzt werden können, um eine über räumliche Distanz hinweg integrierte Prozesskette zu schaffen, die zu erhebliche Verbesserungen bei Kosten, Zeit und Qualität führt.

1 Einführung

Die Baubranche ist in Deutschland ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Sie beschäftigte im Jahr 2003 1,885 Mio. Arbeitnehmer, was 5,5 Prozent aller Arbeitnehmer entspricht [St04a]. Doch gilt die Branche seit einigen Jahren als in der Krise. So ist seit 1995 eine Abnahme der Bruttowertschöpfung von 113,71 auf 84,01 Mrd. Euro im Jahr 2003 zu konstatieren, was einem Rückgang von 26 Prozent entspricht. Im Gegensatz hierzu ist in diesem Zeitraum die Bruttowertschöpfung im produzierenden Gewerbe (ohne Baugewerbe) um 13 Prozent gestiegen [St99a; St04b]. Die Betrachtung dieser Entwicklung zeigt, dass sich die Unternehmen der Branche in einem schwierigen wirtschaftlichen Umfeld mit verschärften Wettbewerbsbedingungen und erhöhten Anforderungen an die Konkurrenzfähigkeit der einzelnen Unternehmen betätigen.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projektes *Mobile Geschäftsprozesse in KMU*, das gemeinsam von der Universität Augsburg, dem Arbeitskreis Mobile Business der IHK Schwaben (AKMB) und einer Reihe von Unternehmen durchgeführt wird.

Charakteristisch für die Leistungserbringung in der Baubranche ist die *Baustellenfertigung*. Dieser Fertigungs-Organisationstyp ist dadurch gekennzeichnet, dass Betriebsmit-

tel und Arbeitskräfte zu einem ortsfesten Arbeitsobjekt transportiert werden [RD91, 436f]. Ein Grundproblem ist dabei die Einbindung der mobilen Arbeitsplätze in die elektronisch unterstützte betriebliche Leistungskette. Koordination findet in der Regel manuell statt, indem etwa ein Bauleiter telefonisch mit den anderen Teilen der Leistungskette Verbindung aufnimmt und beispielsweise Materialbedarf abstimmt, den Verbleib von Maschinen klärt oder Umorganisationen vornimmt (Abbildung 1).

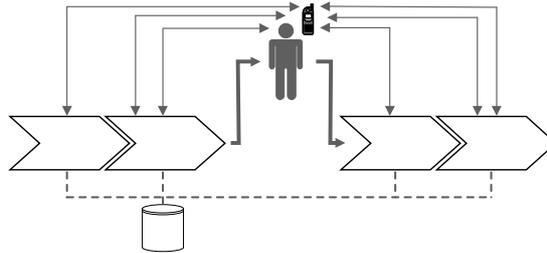


Abbildung 1: Der mobile Mitarbeiter ist nicht in die Prozesskette integriert [TP03, 190]

Dies ist nicht nur für die mobilen Mitarbeiter ineffizient, da sie für die Kommunikation und Informationsbeschaffung oft mehr Zeit aufwenden als für ihre Kernaufgabe. Auch für die Mitarbeiter im restlichen Teil der Leistungskette – etwa in Disposition oder Lager – entsteht ein sehr hoher Aufwand für die Kommunikation mit den mobilen Mitarbeitern. Zusätzlich bestehen in der Baubranche erhebliche Koordinationsprobleme durch die Mobilität des Maschinenparks und durch unternehmensübergreifende Prozesse.

Durch den verwendeten Fertigungs-Organisationstypen sind Bauunternehmen ein Spezialfall von Organisationen, deren operatives Geschäft mobil durchgeführt wird – ebenso wie etwa ein Paketdienst, eine Spedition oder Einsatzkräfte wie Polizei, Rettungsdienst und Feuerwehr [TP03, 189f].

Die Möglichkeiten eines effektiven und effizienten Einsatzes mobiler Technologien – insbesondere der mobilen Kommunikationstechniken und der *RFID-Technologie* – in der Baubranche werden in diesem Beitrag am Beispiel eines hierfür besonders geeigneten Prozesses, dem *Baustellenmanagement*, gezeigt.

Ziel des Beitrages ist es, zu zeigen, dass die Verwendung mobiler Technologien zur Integration mobiler Arbeitsplätze den Prozess des Baustellenmanagements nicht nur geeignet unterstützen, sondern durch die Möglichkeit der Schaffung einer über räumliche Distanz hinweg integrierten Prozesskette in Form neuartiger, mobiler Geschäftsprozesse erhebliche Verbesserungen bei Kosten, Zeit und Qualität ermöglichen kann.

In Kapitel 2 wird zunächst die Baubranche vorgestellt. Dabei werden mittels eines Beispiels typische Ist-Abläufe des Baustellenmanagements beschrieben. Die im Szenario *Geräteparkmanagement* (Abschnitt 4.4) eingesetzte RFID-Technologie wird in Kapitel 3 vorgestellt und eingeordnet. Kapitel 4 zeigt Nutzungsmöglichkeiten mobiler Technologien im Baustellenmanagement anhand ausgewählter Szenarien auf. Kapitel 5 schließt mit Zusammenfassung und Ausblick.

2 Die Baubranche

2.1 Überblick

Die *Baubranche* umfasst vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbau, Bauinstallation und sonstiges Baugewerbe [SB99b]. In Deutschland finden sich Betriebe jeder Größe, vom Einmannunternehmen bis zum international agierenden Konzern mit 50.000 Mitarbeitern [Bi04]. Die Branche ist überwiegend durch mittelständische Unternehmen gekennzeichnet, die häufig durch den Inhaber geführt werden und stark durch dessen Persönlichkeit geprägt sind. Die Gesamtzahl der öffentlichen und privaten Bauaufträge ist seit dem Jahr 1997 rückläufig [Ha04]. Die verbleibenden Bauvorhaben sind dadurch immer stärker umkämpft. Die typische Vergabe eines Bauprojekts mittels Ausschreibung führt häufig in einen ruinösen Preiswettbewerb, in dem der erzielte Marktpreis für die Bauausführung bis zu 15 Prozent unter den Herstellkosten liegen kann. Die aufeinander folgenden Phasen eines Bauprojekts gibt Abbildung 2 wieder.

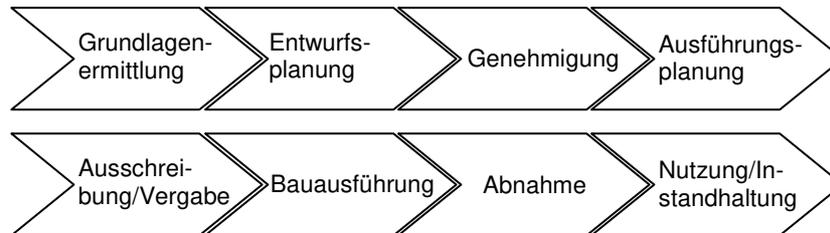


Abbildung 2: Phasen eines Bauprojekts [in Anlehnung an Pr03, 7]

Unter den vorgenannten Umständen ist die Bauausführung nur selten eine profitable Phase. Um dies zu kompensieren, erweitern viele Bauunternehmen ihr Angebot mit Leistungen in früheren und späteren Phasen eines Bauprojekts. Dies bezeichnet man als *Verlängerung der Wertschöpfungskette*. Beispiele hierfür und für die Entwicklung hin zum Multi-Service-Unternehmen sind *Consulting-Dienstleistungen* in frühen Phasen eines Bauprojekts oder das Anbieten von *Facility-Management* während der Nutzungs-/Instandhaltungsphase.

Innerhalb der Bauausführungsphase selbst gibt es ebenfalls eine Reihe von Ansätzen zur Verbesserung der Situation. Ein möglicher Schritt ist die Spezialisierung auf Kernkompetenzen. Dabei wird die traditionell hohe Fertigungstiefe von Bauunternehmen deutlich abgebaut. So beauftragt etwa ein Unternehmen, das bisher nach dem Rohbau auch die Errichtung des Dachstuhls mit eigenen Arbeitskräften durchführte, damit nun typischerweise spezialisierte Zimmereien. Dies verändert fundamental das Bild einer Baustelle: Durch eine Vielzahl von externen Dienstleistungsbetrieben und Subunternehmen werden unternehmensübergreifende (*interorganisationale*) Geschäftsprozesse zur Regel. Eine andere Möglichkeit zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in der Bauausführungsphase besteht in der Kostensenkung, insbesondere durch Einsparungen bei den Personalkosten. Diese machen etwa fünfzig Prozent des Bruttoproduktionswerts aus – im Vergleich dazu sind es etwa 15 bis 20 Prozent in der verarbeitenden Industrie [Ve04]. Ein häufiges Mittel ist daher die Vergabe von Aufträgen an osteuropäische Subunternehmen, deren Kostenstruktur durch ein niedriges Lohnniveau geprägt ist.

Ein charakteristisches Merkmal der Bauausführungsphase ergibt sich aus der überwiegenden *Prototypenfertigung*, die kunden- bzw. standortindividuelle Fertigung oder Anpassung von Teilen beinhaltet. Weiterhin besteht eine starke Abhängigkeit vom Wetter. In diesem Zusammenhang ist zudem die überdurchschnittlich hohe Krankenquote von 5,8 Prozent der Arbeitnehmer zu nennen (industrieller Durchschnitt 4,3 Prozent), da durch die hauptsächliche Beschäftigung im Außenbereich die Mitarbeiter einer erhöhten gesundheitlichen Gefährdung ausgesetzt sind [Im01].

Durch die hohe Erfordernis an Koordination sind gerade in der Bauausführungsphase die Einbindung mobiler Arbeitsplätze und die Schaffung einer integrierten Prozesskette von besonderer Bedeutung, da hier hohe Effizienz- und Effektivitätsvorteile erzielt werden können.

2.2 Ist-Abläufe im Baustellenmanagement

Das Baustellenmanagement wird durch die Bauleitung ausgeführt. Es umfasst die Überwachung, Koordination und Steuerung der Baustelle und findet während der Bauausführungsphase typischerweise vor Ort statt. Zur Durchführung des Baustellenmanagements wurden in der vorhergehenden Ausführungsplanungsphase alle zum Bau eines Objekts notwendigen Arbeitsschritte und Materialien eingeplant. Mit Abschluss dieser Phase stehen *bauausführungsreife* Pläne zur Verfügung [Be01]. Die Detailplanung berücksichtigt dabei vor allem

- eigenes Personal,
- eigenes und extern beschafftes Baumaterial,
- eigene und extern beschaffte Baugeräte (Maschinen und Werkzeuge),
- Hilfs- und Betriebsstoffe,
- Tochterfirmen,
- Subunternehmen/externe Dienstleistungsunternehmen.

Für die weitere Betrachtung der Abläufe sei ein Bauvorhaben eines mittelgroßen Bürogebäudes angenommen. Die Bauleitung vor Ort setzt sich aus Projektleitern und Bereichsleitern, die jeweils für abgegrenzte Aufgabengebiete zuständig sind, zusammen. Nach Erstellung der Ausführungsplanung durch ein Planungsbüro fertigt die Bauleitung vor Baubeginn einen für alle beteiligten Unternehmen (Leihfirmen, Dienstleistungs- und Subunternehmen) verbindlichen Terminplan an [Be01]. In diesem Plan ist jede Aktivität innerhalb eines Netzplans so angeordnet, dass der termingerechte Baufortschritt verfolgt und dokumentiert sowie eine fristgerechte Bauabnahme sichergestellt werden kann. Weiter muss die Bauleitung dafür sorgen, dass vereinbarte Qualität und kalkulierte Kosten der Arbeiten eingehalten werden [Be01].

Die in Abschnitt 2.1 vorgestellten charakteristischen Merkmale der Bauausführungsphase beinhalten an verschiedenen Stellen Risiken für den Projektfortschritt. Hauptursache ist dabei die Prototypenfertigung. Materialfehler, falsche Maße oder sonstige Mängel der angelieferten Materialien können erst am Ort der Baustelle erkannt werden und führen bei Just-in-Time-Anlieferung unmittelbar zu Verzögerungen des Projekts. Gleiche Auswirkung haben auch nicht durchgeführte bzw. zu anderen als den vereinbarten Zeitpunkten erfolgte Planlieferungen oder Ausfälle von Maschinen bzw. Personal. In diesen Fällen obliegt es der Bauleitung, nötige Maßnahmen einzuleiten, um Versäumnisse aufzu-

holen, Planungen anzupassen oder im Extremfall die weiterführende Planung komplett zu verwerfen und die weiterführenden Aktivitäten neu zu koordinieren. Typischerweise besteht jedoch im Falle einer verworfenen Terminplanung nicht die Möglichkeit, eine vollständig neue Ausführungsplanung zu erstellen. Statt dessen werden die noch ausstehenden Aktivitäten von der Bauleitung nach eigenem Ermessen spontan koordiniert. In dieser Vorgehensweise liegt ein erhebliches Risiko, insbesondere für Fehlentscheidungen aufgrund mangelnder oder unvollständiger Information. Hieraus ergeben sich zum Beispiel Probleme durch Festlegung einer falschen Arbeitsreihenfolge oder durch vorzeitige Lieferung von Baumaterialien, für die dann kein Lagerplatz verfügbar ist. Dabei werden Fehlentscheidungen häufig erst zu einem relativ späten Zeitpunkt erkannt, so dass eine Korrektur wiederum hohen Aufwand oder Verzögerungen nach sich zieht.

Aus der Terminplanung leitet sich die *Personaleinsatzplanung* ab. Jeder Arbeitnehmer erhält am Anfang der Schicht eine seinen Fähigkeiten entsprechende Arbeitsplatzzuteilung mit Arbeitsanweisung. Neben der Überwachung des Arbeitsfortschritts erfasst der Bereichsleiter am Ende der Schicht die Arbeitszeit und Arbeitstätigkeiten pro Mitarbeiter, um die Lohnkosten korrekt zurechnen zu können und den Lohnabrechnungszettel für den Vergütungsanspruch des Arbeitnehmers zu erstellen. Ist Personalersatz erforderlich, regelt der Bereichsleiter dies in Abstimmung mit seinen Kollegen oder Vorgesetzten.

Aus der Terminplanung leitet sich ebenfalls die *Einsatzplanung der Baugeräte* ab. Diese werden in Abhängigkeit vom Baufortschritt angefordert. Da der Standort der Baugeräte typischerweise nicht zentral registriert ist (selbst wenn dies in Organisationsanweisungen so vorgesehen sein sollte), muss der aktuelle Gerätestandort zunächst ermittelt werden, was eine Rückfrage im Gerätelager und häufig auch auf mehreren oder allen derzeitigen Baustellen der Firma erfordert. Dies erledigt ein Disponent telefonisch von der Firmenzentrale aus. Diese Vorgehensweise zieht einerseits nach sich, dass der Verlust von Maschinen oder Werkzeugen häufig nicht zeitnah erkannt wird und lässt andererseits keine korrekte Zurechnung der Maschinenkosten pro Projekt zu. Wird ein Fehlen von Geräten erkannt, liegt meist bereits dringender Bedarf vor und eine weitere Verzögerung durch die erforderliche Ersatzbeschaffung tritt ein. Häufig werden deshalb Geräte redundant vorgehalten, obwohl dies eigentlich nicht erforderlich wäre.

3 RFID als geeignete mobile Technologie

3.1 RFID-Technologie

RFID (Radio Frequency Identification) ist ein automatisches, kontaktloses Identifikationsverfahren [Fi02, 1, 6]. Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten, dem Schreib-/Lesegerät und dem kontaktlosen Datenträger (Transponder), der an den zu identifizierenden Objekten angebracht wird. Im Schreib-/Lesegerät befindet sich neben einer Kontrolleinheit ein Hochfrequenzmodul, das ein elektromagnetisches Feld erzeugt, um Daten, Takt und Energie zwischen dem Schreib-/Lesegerät und dem Transponder zu übertragen. Zur Durchführung der Übertragung wird zudem auf beiden Seiten ein Koppelement (Spule oder Antenne) benötigt. Die durch das elektromagnetische Feld übertragene Energie sorgt für die Aktivierung eines Transponders ohne eigene Stromversorgung. Außerhalb des Ansprechbereichs eines Schreib-/Lesegeräts verhält sich dagegen

dieser Transponder vollkommen passiv [Fi02, 7]. Weiter gibt es auch aktive Transponder mit eigener Stromversorgung.

Es werden einfach- und mehrfachbeschreibbare Transponder unterschieden. Bei einfachbeschreibbaren Transpondern wird bei der Chipherstellung eine nicht mehr veränderbare Seriennummer aufgebracht. Mehrfachbeschreibbare Transponder sind hingegen mit einem Schreib-/Lesegerät bis zu 100.000-mal zu beschreiben [Fi02, 10]. Transponder mit Zustandsautomation oder mit Mikroprozessor für Authentisierungs- und Verschlüsselungsverfahren können die Berechtigung für lesenden und schreibenden Zugriff überprüfen, so dass ein nicht autorisierter Zugriff verhindert wird [Fi02, 13, 28].

Je nach benötigter Anwendung und Speichergröße sind unterschiedliche Transponder erhältlich: EEPROM-Transponder (electrically erasable programmable read only memory), induktiv gekoppelt, mit 16 B - 8 KB Speicherplatz, oder batteriegepufferte SRAM-Mikrowellentransponder (static random access memory) mit 256 B - 64 KB [Fi02, 28]. Beide sind in freier Bauform erhältlich (Münzen, Glasstäbchen, Labels, Plastikgehäusen) [Fi02, 14ff]. Ein weiteres Merkmal ist die Reichweite von RFID-Systemen. Je höher die Betriebsfrequenz zwischen Schreib-/Lesegerät und Transponder ist, desto größer ist die mögliche Entfernung [Fi02, 26]. Eine Einteilung der RFID-Systeme nach Reichweite wird wie folgt vorgenommen: *close-coupling* (0-1cm, induktive Koppelung), *remote-coupling* (0-1 m, induktive Koppelung) und *long-range* (bis 15 m, elektromagnetische Koppelung) [Fi02, 22f.].

Ein Vorteil von RFID-Systemen, im Gegensatz zu Barcodesystemen, ist die Lesbarkeit der Daten unabhängig von äußeren Einflüssen, wie z. B. Schmutz, Nässe, optischer Abdeckung, Richtung und Lage. Zudem ist der Betrieb von Schreib-/Lesegerät und Transponder frei von Verschleiß und Abnutzung [Fi02, 8].

3.2 Ortung durch RFID

Die Ermittlung des Standorts eines mobilen Endgeräts wird als *Ortung* bezeichnet [TP03, 73]. Unter mobilen Endgeräten versteht man dabei alle Endgeräte, die für den mobilen Einsatz konzipiert sind. Dieses Spektrum beginnt bei beliebig kleinen – möglicherweise im Sinne des Ubiquitous Computing in Alltagsgeräte eingebetteten – Elementen und führt über verschiedenste Arten von Mobiltelefonen bis hin zu Handheld-Geräten und Tablet-PC. [TP03, 2]. Diese Definition umfasst auch RFID-Transponder, die als mobile Endgeräte für die automatisierte Kommunikation (Device-to-Device, D2D) begriffen werden.

Bei Ortungsverfahren werden generell drei Typen unterschieden [TP03, 73f]:

- Manuelle Ortseingabe,
- Verwendung spezialisierter Ortungssysteme wie GPS (Global Positioning System) oder entsprechende Systeme mittels Infrarot, Funk oder Ultraschall,
- Verwendung bestehender drahtloser Kommunikationsnetze wie Mobilfunk oder WLAN zur Ortung.

Ein RFID-System kann dabei neben der Funktionalität zum Lesen und Speichern von Daten auch als spezialisiertes Ortungssystem verwendet werden. Die Ortung mittels

RFID-Technologie kann dabei etwa mit der Ortung durch Infrarotbaken [Ro02, 268ff] verglichen werden.

Die Grundlage für eine Ortung durch RFID-Technologie ist die Kenntnis der Standorte der Schreib-/Lesegeräte, die als Durchlaufpunkte fungieren: Durch die Registrierung von Geräten oder Waren, die mit einem Transponder ausgestattet sind, erfolgt die Ortsbestimmung. Eine Ortung kann hierbei jedoch nur zu dem Zeitpunkt durchgeführt werden, in dem sich der Transponder im Ansprechbereich des Lesegeräts befindet. Es können zum Beispiel in einem Lager der Wareneingang und der Warenausgang mit Lesegeräten ausgestattet werden. Trifft nun eine Ware mit einem angebrachten Transponder im Wareneingang ein, wird sie registriert und in den Lagerbestand eingebucht. Der Abgang der Ware aus dem Lager wird durch das Schreib-/Lesegerät des Warenausgangs erfasst und somit das Ausbuchen der Ware aus dem Lagerbestand veranlasst. Zwischen dem Zeitpunkt des Zu- und Abgangs ist registriert, dass sich die Ware im Lager befindet. Nach dem Verlassen des Lagers liegen bis zur nächsten Erfassung der Ware durch ein weiteres RFID-Lesegerät keine aktuellen Standortinformationen vor.

Wird im Bereich, in dem sich die Waren bewegen, die Dichte der Schreib-/Lesegeräte erhöht, lässt sich damit der Warenstandort genauer eingrenzen. Sind die Schreib-/Lesegeräte entlang des Warenflusses angeordnet, kann eine Sendungsverfolgung durchgeführt werden. Diese Ermittlung des aktuellen Zustandes der Sendung zur Laufzeit wird als *Tracking* bezeichnet. Ebenso wird damit *Tracing* ermöglicht, die nachträgliche Rekonstruierbarkeit des Sendungsverlaufs.

Mit RFID-basierten Lösungen kann damit in geeigneten Umgebungen eine Funktionalität erzielt werden, die derjenigen ortsbezogener Dienste vergleichbar ist.

Ortsbezogene Dienste (Location Based Services) sind Dienste, die über mobile elektronische Kommunikationstechniken (typischerweise Mobilfunk) zur Verfügung gestellt werden, für deren Ausführung der aktuelle Standort des dienstaufrufenden Nutzers (und/oder eines anderen Nutzers) bekannt sein muss und deren Ausführung abhängig von diesem Standort erfolgt. [TP03, 73].

Eine typische Kategorisierung ortsbezogener Dienste bietet das Konzept des *Location-L*. In diesem Schema sind die zusammenwirkenden Elemente der Auslöser (der Nutzer oder das System, das den Dienstaufruf initiiert), und das Ziel (das geortet wird). Die Dienstauführung erfolgt nun entweder abhängig vom Standort des Auslösers oder dem des Ziels oder den zueinander in Beziehung gesetzten Standorten beider. Damit gilt für jedes dieser beiden Elemente entweder,

- dass sein Standort für die Dienstauführung relevant ist und ermittelt werden muss oder
- dass sein Standort zwar für die Dienstauführung relevant, aber statisch ist und daher ohne Ortungsvorgang aus einer Datenbank abgerufen werden kann oder
- dass sein Standort irrelevant ist, da er die Dienstauführung nicht beeinflusst. [TP03, 77ff]

In Abbildung 3 erfolgt eine Einordnung der beschriebenen RFID-Lösungen in das Kategorisierungsschema ortsbezogener Dienste.

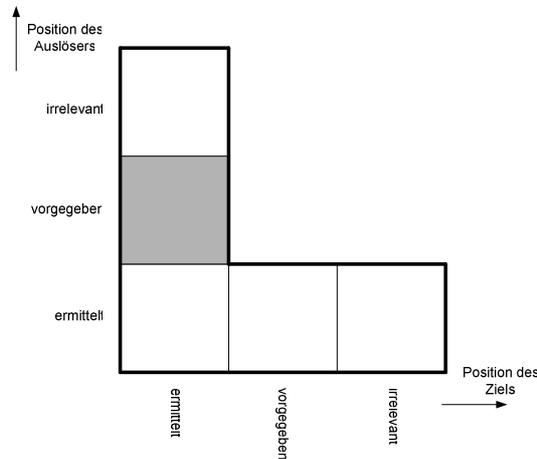


Abbildung 3: Kategorisierung ortsbezogener Dienste („Location-L“)

Die Felder des „Location-L“ in Abbildung 3 stellen jeweils einen Standardtypen ortsbasierter Dienste dar. In dem grau markierten Feld des Standardtyps „vorgegeben/ermittelt“ lassen sich die RFID-Lösungen einordnen, da der Standort des Schreiben/Lesegeräts als Auslöser statisch ist und aus einer Datenbank abgerufen werden kann, während die Position des Ziels, der Standort des Transponders, ermittelt werden muss.

Eine besonders relevante Anwendung entsprechender Lösungen auf Baustellen stellt das Szenario *Geräteparkmanagement* (Abschnitt 4.4) dar.

4 Baustellenmanagement mit Einsatz mobiler Technologien

4.1 Ausgangssituation

Als mobile Technologien kommen im Rahmen der folgenden Szenarien die in Kapitel 3 vorgestellte RFID-Technologie und mobile Kommunikationstechniken zum Einsatz. „Unter mobilen Kommunikationstechniken versteht man die verschiedenen Arten drahtloser Kommunikation, insbesondere natürlich den Mobilfunk, aber in verschiedenen Einsatzgebieten ebenso Technologien wie etwa Wireless LAN, Bluetooth oder Infrarotübertragung.“ [TP03, 2].

In diesem Kapitel werden anhand von Szenarien die Erkenntnisse aus den vorhergehenden Kapiteln miteinander verknüpft. Hierzu wurden die in Abschnitt 2.2 vorgestellten Abläufe und Prozesse des Baustellenmanagements im Hinblick auf einen möglichen Einsatz mobiler Technologien analysiert. Das Ergebnis dieser Prozessanalysen wird in den weiteren Abschnitten dieses Kapitels vorgestellt.

Als Grundlage für die Ausarbeitung der Szenarien dient das in Abschnitt 2.2 beispielhaft dargestellte Bauvorhaben. In der folgenden Betrachtung ist das Bauunternehmen seit der Phase der Ausführungsplanung mit der Fertigstellung des Bauvorhabens beauftragt. Neben dem eigenen Personal sind auf der Baustelle externe Dienstleistungs- und Subun-

ternehmen beschäftigt. Das Baumaterial stammt sowohl aus Eigenfertigung wie auch von Lieferanten (externes Material). Auf der Baustelle werden neben eigenen Baugeräten auch fremde Werkzeuge und Maschinen eingesetzt. Diese externen Geräte werden für die Dauer der Bauphase angemietet. Die Bauleitung ist vor Ort für das Baustellenmanagement verantwortlich.

Eine typische Anwendung mobiler Technologien in den Szenarien setzt den Betrieb eines ERP- bzw. branchenspezifischen Anwendungssystems (Branchenlösung) mit mindestens folgender Funktionalität voraus:

- Erstellung einer projektumfassenden Ausführungsplanung unter Berücksichtigung von Personal, Lieferanten, Materialien (eigenes und externes Baumaterial) und Geräten (eigene und externe Baumaschinen und Werkzeuge)
- Erstellung einer Terminplanung für Bauprojekte
- Projektbegleitende, dynamische Bauablaufplanung
- Anbindung von mobilen Endgeräten zum Informationsaustausch
- Anbindung von externen Anwendungssystemen für zwischenbetriebliche Integration
- Integriertes betriebliches Rechnungswesen und Personalwesen

4.2 Szenario: Projektfortschrittskontrolle und Mängelabwicklung

Dieses Szenario zeigt, wie mobile Technologien die Bauleitung bei der Aufgabe der permanenten Überwachung des Projektfortschritts und bei Eintreten von Projektverzögerungen vor Ort unterstützen können.

Der in Abschnitt 2.2 dargestellte Ist-Ablauf ist durch eine fixe Koordinations- und Ablaufplanung aus der Ausführungsplanung gekennzeichnet. Daraus folgt die statische Terminplanung der Bauleitung in der Bauausführungsphase. Eintretende Risiken wie Materialfehler, versäumte Planlieferungen, wetterbedingte Einschränkungen oder Personalausfall führen häufig nicht zu einer Anpassung dieser Pläne. Stattdessen werden sie verworfen und die Bauleitung führt die Koordination auf der Baustelle nach eigenem Ermessen durch. Die sich hieraus ergebenden Probleme können zu einer Projektverlängerung und einer Kostenerhöhung führen.

Das Ziel eines verbesserten Geschäftsprozesses soll es sein, bei Eintritt der oben genannten Risiken Verzögerungen abzufangen und Kostenerhöhungen zu vermeiden. Eine Möglichkeit hierfür ist die Koordinationsunterstützung vor Ort und die Vermeidung von Fehlentscheidungen. In der im Folgenden vorgestellten Lösung geschieht dies durch Einsatz einer dynamischen Bauablaufplanung, die Informationen, die auf der Baustelle entstehen, verarbeitet, in Plananpassungen umwandelt und die Ergebnisse den Verantwortlichen auf der Baustelle zur Verfügung stellt.

Zur Umsetzung dieses neuen Prozesses werden alle Bereichsleiter mit einem PDA ausgestattet. Auf dem Endgerät ist eine Applikation installiert, die den Verantwortlichen bei der Projektfortschrittskontrolle unterstützt. Hierzu hält die Anwendung eine Auflistung aller aktuell im Verantwortungsbereich liegenden Aktivitäten bereit („To-Do-Liste“). Die Aktualität der Aktivitätenliste wird durch einen Push-Dienst realisiert, der Änderungen von dem ERP-System an die mobile Applikation bzw. von der mobilen Applikation an das ERP-System sendet. Hierfür benötigt die mobile Applikation eine ständige Netz-

verbindung, die so genannte „Always-On“-Funktionalität, die über eine GPRS-/UMTS-Mobilfunkverbindung ermöglicht wird. Nach erfolgreichem Abschluss einer Aktivität, zum Beispiel der Fertigstellung einer gemauerten Wand, überträgt der Bereichsleiter diesen neuen Tatbestand in die mobile Anwendung. Die Aktivität wird damit aus der „To-Do-Liste“ gelöscht und anschließend der neue Status an das ERP-System versandt. Wird eine Aktivität nicht rechtzeitig abgeschlossen, gibt die mobile Anwendung einen Warnhinweis aus und erfordert die Eingabe eines neuen geschätzten Endzeitpunktes. Diese Angabe wird sofort zur Aktualisierung der Planung und Koordination an das ERP-System übertragen, das prüft, ob die Verzögerung Auswirkung auf anschließende Aktivitäten hat. Ist dies nicht der Fall, ist somit die Verzögerungsmeldung abgeschlossen. Hat jedoch die Verzögerung Einfluss auf den weiteren Projektverlauf, prüft das ERP-System, welche Anpassungen in der Ablauf- und Terminplanung notwendig werden, um die Verzögerung wieder aufzuholen. In dieser Situation muss abgewägt werden, ob die Projektverlängerung durch Aufstocken der Kapazität (z. B. zusätzlicher Personaleinsatz) vermieden werden soll. Eine Kapazitätserhöhung würde das Projekt unplanmäßig verteuern. Eine solche Entscheidung muss aufgrund der Kostenverantwortung vom Projektleiter getroffen werden. Der Projektleiter ist mit einem Tablet-PC ausgerüstet und ebenfalls über GPRS/UMTS mit dem ERP-System verbunden, das ihm Lösungsvorschläge zur Reaktion auf die aktuelle Störung macht. Nach Annahme eines Lösungsvorschlags aktualisiert sich automatisch die Ablauf- und Terminplanung. Abschließend aktualisiert das ERP-System die betroffenen Aktivitätslisten der Bereichsleiter.

Die Abwicklung einer wie oben beschriebenen Prozessstörung muss nicht notwendigerweise unternehmensintern ablaufen. Von einer Verzögerung können auch die externen Dienstleistungsunternehmen betroffen sein. Auch ist es möglich, dass ausschließlich Externe die Prozessstörung verursacht haben. Eine realisierte zwischenbetriebliche (Prozess-)Integration ermöglicht dann mit externen Partnern die gleichen Abläufe zur Behebung der Störung wie unternehmensintern.

4.3 Szenario: Personalabrechnung

Dieses Szenario zeigt exemplarisch wie der Bereichsleiter bei der täglichen Personaleinteilung und Arbeitszeiterfassung der Bauarbeiter unterstützt werden kann.

Der Abschnitt 2.2 zeigt auf, dass die administrativen Tätigkeiten des Bereichsleiters beim Personaleinsatz, bei der Arbeitsüberwachung und bei der Dokumentation sehr zeitaufwändig sind. Weiter kommt die Zweiterfassung der Lohnzettel durch die Mitarbeiter in der Lohnbuchhaltung hinzu.

Ziel ist die Vereinfachung der administrativen Prozesse im Bereich Personaleinsatz und Dokumentation sowie eine Kosteneinsparung in der Lohnbuchhaltung durch Wegfall der Zweiterfassung der Lohnzettel. In folgender Darstellung soll dies durch die Automatisierung der Personaleinsatzplanung und der Dokumentation sowie die Prozessintegration mit der Lohnbuchhaltung erfolgen.

Zur Umsetzung der Prozessgestaltung wird der Bereichsleiter mit einem PDA ausgestattet. Auf dem PDA läuft eine mobile Applikation, die auf die gleiche Weise wie in Abschnitt 4.2 an das ERP-System angebunden ist. Vor Schichtbeginn empfängt die mobile Applikation vom ERP-System pro Bereich pro Aktivität die für diesen Tag disponierten

Mannstunden. Eine vorhergegangene mittelfristige Personaleinsatzplanung stellt sicher, dass dem Bereichsleiter ausreichend Mitarbeiter für den aktuellen Tag zur Verfügung gestellt worden sind. Pro Aktivität vergibt der Bereichsleiter die Arbeitsstunden an die Mitarbeiter. Hierzu selektiert er für jede Aktivität die Namen der noch verfügbaren Mitarbeiter aus einer Pull-Down-Liste. Stehen dem Bereichsleiter alle zu disponierenden Arbeitskräfte zur Verfügung, so können die für den Tag geplanten Aktivitäten ausgeführt werden. Diese Einsatzplanung wird anschließend an das ERP-System übertragen.

Fallen unvorhergesehen Mitarbeiter aus, kann der Fall eintreten, dass der Bereichsleiter nicht vollständig alle geforderten Mannstunden verplanen kann. Das Defizit an Mannstunden wird nach Abschluss der Einteilung automatisch an das ERP-System übertragen, das darauf nach freien Personalkapazitäten in anderen Bereichen oder in einem zentralen Personalreservepool sucht. Sind verfügbare Mitarbeiter gefunden, werden diese über den zuständigen Bereichsleiter informiert und zur Aushilfe in den entsprechenden Bereich gesandt. Am Einsatzort angekommen, ergänzt der Bereichsleiter die neuen Mitarbeiter in seiner Einsatzplanung und sendet eine Aktualisierung an das ERP-System.

Am Ende der Schicht meldet sich jeder Mitarbeiter bei dem Bereichsleiter ab. Zu dieser Gelegenheit werden die am morgen geplanten Tätigkeiten mit den tatsächlich erledigten abgeglichen. Gibt es Abweichungen, trägt der Bereichsleiter diese zur Korrektur in die mobile Applikation ein, die anschließend die aktualisierten Daten an das ERP-System sendet.

Am Ende jeder Arbeitswoche erhalten die Bauarbeiter vom Bereichsleiter einen Ausdruck der geleisteten Arbeitsstunden und Tätigkeiten. Dieser Stundenzettel stellt den Vergütungsanspruch des Bauarbeiters dar. Mit der beidseitigen Unterschrift des Dokuments ist der Prozess zur Arbeitszeiterfassung für den Bereichsleiter abgeschlossen. Für die Monatsendabrechnung der Mitarbeiter stehen im ERP-System alle relevanten Informationen für die Lohnbuchhaltung zur Verfügung.

4.4 Szenario: Geräteparkmanagement

Dieses Szenario soll beispielhaft die Potenziale mobiler Technologien für das Management von auf Baustellen eingesetzten Baugeräten veranschaulichen. In mittelständischen Bauunternehmen besteht in diesem Bereich besonderes Optimierungspotenzial.

Wie in Abschnitt 2.2 dargelegt, ist in Abhängigkeit vom Baufortschritt eine Anforderung der Baugeräte notwendig. Da der Gerätestandort häufig unbekannt ist, muss zunächst eine zeitintensive Suche der Geräte durchgeführt werden. Falls der Verlust von Geräten nicht rechtzeitig erkannt wird, kann dies zu Verzögerungen im Projektablauf führen, weshalb häufig Geräte redundant vorgehalten werden.

Das Ziel eines verbesserten Geräteparkmanagements ist es, die Geräteverfügbarkeit zu erhöhen und eine unnötige Geräteredundanz zu vermeiden. Hierfür ist die Kenntnis des Gerätestandorts erforderlich.

Die technische Grundlage für den im Folgenden vorgestellten Lösungsansatz ist die Ausrüstung aller wertvollen Baugeräte des betrachteten Bauunternehmens mit einem RFID-Transponder. Auf diesen Transpondern ist für jedes Gerät der Name und die Geräte-ID gespeichert. Es handelt sich hierbei um *long-range*-Transponder mit einer Reichweite bis 15 m.

Zur Erfassung der Baugeräte bei einem Zu- bzw. Abgang auf der Baustelle wird während der Einrichtung der Baustelle ein Schreib-/Lesegerät in der Einfahrt installiert. Die Antenne des Schreib-/Lesegeräts wird dabei so ausgerichtet, dass angelieferte Maschinen (bzw. Werkzeuge) bereits bei Durchfahrt des LKW erfasst werden können. Je früher die Aufstellung dieses Schreib-/Lesegeräts erfolgt, desto geringer ist anschließend der manuelle Erfassungsaufwand von bereits auf der Baustelle vorhandenen Geräten. Im Gehäuse des Schreib-/Lesegeräts befinden sich die RFID-Technologie und ein GPRS-/UMTS-fähiges Mobilfunkmodul, über das die erfassten Transponderdaten an das ERP-System übertragen werden. Dort werden alle vor Ort erfassten Geräte dem Bauprojekt zugeordnet.

Die nachträgliche manuelle Geräteerfassung geschieht mit Unterstützung des PDA. Der Bereichsleiter begibt sich hierzu an das Baugerät und überträgt die dort ablesbare Geräte-ID in eine mobile Applikation. An dieser Stelle wäre auch die Verwendung eines portablen RFID-Schreib-/Lesegeräts denkbar. Mit Abschluss der Eingabe sendet die mobile Applikation die erfassten Daten über GPRS/UMTS an das ERP-System. Das Baugerät ist damit auf der Baustelle registriert.

Werden auf der Baustelle auch angemietete Baugeräte verwendet, kommen zwei alternative Verfahrensweisen in Betracht. Im ersten Fall besitzt die angemietete Maschine keinen eigenen RFID-Transponder. Dann befestigt der Bauleiter bei Einfahrt der Maschine in die Baustelle ein mehrfach beschreibbares Exemplar. Auf diesem Transponder werden anschließend über ein Schreib-/Lesegerät der Lieferant, der Gerätenamen und eine temporäre Geräte-ID geschrieben. Die weitere Abwicklung der Erfassung verläuft dann analog zum eigenen Gerät. Im zweiten Fall ist das geliehene Gerät bereits mit einem RFID-Transponder ausgerüstet. Dann erfolgt die Erfassung wie bei einem eigenen Gerät mit Transponder. Voraussetzung ist hierfür allerdings die Verwendung der gleichen Betriebsfrequenz. Unterscheidet sich die Frequenz des Transponders des angemieteten Geräts mit der Frequenz des verwendeten Schreib-/Lesegeräts, muss zur Geräteerfassung wie mit einem Gerät ohne RFID-Transponder verfahren werden.

Der Abgang von eigenen und fremden Geräten von der Baustelle läuft gleich ab. Mit dem Durchqueren des Ansprechbereichs des Schreib-/Lesegeräts wird der Abgang des betroffenen Baugeräts von der Baustelle registriert und diese Änderung an das ERP-System gesendet.

Aus der Verweildauer zwischen Zugangs- und Abgangszeitpunkt der Geräte auf der Baustelle ließe sich eine Zurechnung der zugehörigen Maschinenkosten auf die einzelnen Bauprojekte unterstützen. Um Aussagen über die tatsächliche Nutzung zu treffen, müsste die genaue Betriebsdauer der Geräte erfasst werden. Hierzu könnten die Maschinen mit einem beschreibbaren Transponder ausgerüstet werden, auf dem die Nutzungsdauer gespeichert und entweder manuell oder beim Abgang automatisch ausgelesen werden könnte.

Aus der Anwendung der RFID-Technologie ergibt sich für das Bauunternehmen noch ein weiterer Vorteil. Unter der Voraussetzung, dass alle Firmengelände und alle zeitgleich betriebenen Baustellen mit einem Schreib-/Lesegerät ausgestattet sind, ist zu jedem Zeitpunkt (abgesehen von der Dauer eines Transports) der Standort eines Gerätes bekannt. Bei einem unerwarteten Verlust eines Geräts (auch Diebstahl) ist so zumindest der letzte Aufenthaltsort ermittelbar und eine verantwortliche Person ableitbar. Wie oben schon kurz angemerkt, ist bei der betrachteten RFID-Lösung ein Gerät auf dem Trans-

portweg nicht zu orten. Es wäre nur ein Abgang der Maschine bei der letzten RFID-Station nachvollziehbar. Soll hingegen eine besonders wertvolle Maschine/Fracht auch während des Transports überwacht und verfolgt werden, bietet sich hierfür die Integration eines GSM-Moduls, ggf. außerdem eines GPS-Empfängers an. Die in diesem Fall mögliche Ortung per Mobilfunknetz oder per Satellit macht auch den Transportweg jederzeit nachvollziehbar. Eine Zwischenlösung wäre beispielsweise die Ausstattung von Transportfahrzeugen mit RFID-Lesegeräten und GSM-Modulen zur Übermittlung.

5 Folgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wurden Ist-Prozesse im Baustellenmanagement betrachtet. In drei exemplarischen Szenarien wurden mit Hilfe mobiler Technologien neue Prozessabläufe im Bereich des Baustellenmanagements entworfen.

Dabei wurde deutlich, auf welche Art und Weise der Einsatz mobiler Technologien im Baustellenmanagement zu neuen Prozessen führt, die deutliche Effizienz- und Effektivitätsvorteile realisieren. Diese Prozesse zeichnen sich insbesondere durch eine verbesserte inner- und zwischenbetriebliche Koordination und eine Verringerung der Medienbrüche aus. Hierdurch können sowohl eine höhere Prozessqualität als auch eine verkürzte Prozessdauer erreicht werden, die sich zudem in einer Senkung der Prozesskosten auswirken. Konkrete Prozessverbesserungen sind dabei etwa

- Verringerung des unternehmensinternen und zwischenbetrieblichen Koordinationsaufwands bei eintretenden Störungen im Projektverlauf,
- permanente und schnellere Informationsverfügbarkeit,
- schnellere Verfügbarkeit von Baugeräten vor Ort,
- Entfall unnötig redundant vorgehaltener Baugeräte,
- Vereinfachung und Automatisierung der administrativen Prozesse im Bereich Personaleinsatz und Dokumentation.

Voraussetzung ist dabei, dass das betrachtete Bauunternehmen bereit ist, bestehende Prozesse in Frage zu stellen und gegebenenfalls neu entworfene anzunehmen. Ein entscheidender Faktor bei der Umsetzung ist die Akzeptanz der neuen Prozesse und Technologien durch die betroffenen Mitarbeiter.

Derzeit ist die IT-gestützte Integration der mobilen Arbeitsplätze auf Baustellen in elektronisch abgebildete Geschäftsprozesse nur gering ausgeprägt, die hieraus entstehenden Effizienz- und Effektivitätsvorteile bleiben im Wesentlichen ungenutzt. Der hohe Marktdruck in der Baubranche zwingt insbesondere deutsche Unternehmen, die weiter in der Bauausführungsphase tätig bleiben wollen, zur Erschließung aller möglichen Arten von Wettbewerbsvorteilen.

Die Nutzung mobiler Technologien zur Schaffung neuartiger mobiler Geschäftsprozesse stellt dabei zwar einerseits gerade in der traditionsbewussten Baubranche eine deutliche Herausforderung dar. Andererseits aber können gerade durch die Schaffung einer über räumliche Distanz hinweg integrierten Prozesskette erhebliche Verbesserungen bei Kosten, Zeit und Qualität erzielt werden, die in den dringend benötigten Wettbewerbsvorteilen resultieren. „Erfolg durch Prozessinnovation“ ist damit für die Baubranche in

Deutschland kein leeres Schlagwort, sondern entscheidende Herausforderung im Wettbewerb, die Schlüsselrolle spielt dabei der richtige Einsatz mobiler Technologien.

Literaturverzeichnis

- [Be01] Best + Rathgeber GmbH: Worauf sollten Sie beim Bauen achten?. <http://www.best-rathgeber.de/kunden1.htm>, Abruf am 21.09.2004.
- [Bi04] Bilfinger Berger AG: Zwischenbericht zum 30. Juni 2004. [http://www.bilfinger.de/bub/web/bweb.nsf/objekte/pdf04/\\$FILE/ZB_300604.pdf](http://www.bilfinger.de/bub/web/bweb.nsf/objekte/pdf04/$FILE/ZB_300604.pdf), Abruf am: 14.09.2004.
- [Fi02] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. Carl Hanser Verlag, München, 2002.
- [Ha04] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.: Auftragseingang im Bauhauptgewerbe in West- und Ostdeutschland. http://hvb.epgmbh.de/seiten/medien/auftragseingang_veraenderungsrage.jpg, Abruf am 30.09.2004
- [Im01] Impuls Trainings AG: Fehlzeiten senken. In Bauwoche vom 5.April 2001, <http://www.implus.de/news/20010405bauwo/>, Abruf am 17.09.2004.
- [KK03] Kalbitzer, T.; Kirisci, P.; Tonn, K.: A web-based solution for mobile collaboration for project-oriented tasks. In: Giaglis, G. M.; Werthner, H.; Tschammer, V.; Foeschl, K.: mBusiness 2003 – The Second International Conference on Mobile Business. Wien 2003. (pp. 475–486)
- [Pr03] Projektgruppe „Organisation des Arbeitsschutzes auf Baustellen“ der Arbeitsschutzverwaltung NRW: Handlungskonzept für den Bauherrn und von ihm Beauftragte zur sicheren und gesundheitsgerechten Gestaltung des Bauprozesses. 2003.
- [RD91] Reichwald, R.; Dietel, B.: Produktionswirtschaft. In: Heinen, E. (Hrsg.): Industriebetriebslehre. 9. Aufl., Gabler, Wiesbaden 1991. (S. 395–622)
- [Ro02] Roth, J.: Mobile Computing – Grundlagen, Technik, Konzepte. Dpunkt, Heidelberg, 2002.
- [St99a] Statistisches Bundesamt: Erste Ergebnisse nach dem neuen Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) 1995 für die Jahre 1991 bis 1998. <http://www.destatis.de/presse/deutsch/pm1999/p1520121.htm>, Abruf am: 30.09.2004.
- [St99b] Statistisches Bundesamt: Brutto- und Nettoproduktionswert sowie Nettowertschöpfung im Produzierenden Gewerbe. http://www.destatis.de/fdz/downloads/campus/nettowert_prodg.pdf, Abruf am: 01.10.2004.
- [St04a] Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. <http://www.destatis.de/basis/d/vgr/vgrtab10.php>, Abruf am 30.09.2004.
- [St04b] Statistisches Bundesamt: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen. <http://www.destatis.de/basis/d/vgr/vgrtab3.php>, Abruf am: 30.09.2004.
- [TP03] Turowski, K.; Pousttchi, K.: Mobile Commerce – Grundlagen und Techniken. Springer Verlag, Berlin, 2003.
- [Ve04] Verband der Bauindustrie für Niedersachsen: Presse-Informationen vom 07.05.2004. http://www.bauindustrie-nord.de/gesamt/v1.php?datei=presse_fusion.html&titel=Presse-Informationen, Abruf am: 17.09.2004.