

Transparente und effiziente Prozesse im Erdbau durch ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement auf Basis von Smart Objects und Business Rule Management

Sebastian Lempert, Markus Harrer, Michael Krupp, Alexander Pflaum

Geschäftsfeld Technologien
Zentrum für Intelligente Objekte ZIO
Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS
Dr.-Mack-Straße 81
90762 Fürth
{vorname.nachname}@scs.fraunhofer.de

Abstract: Intransparente und manuell ablaufende Prozesse im Erdbau erschweren die Kontrolle von Erdbewegungen und den dokumentierten Nachweis über die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben. Dem kann durch die Einführung eines Stoffstrommanagements für Erdbewegungen entgegen gewirkt werden. Die technische Basis für das Stoffstrommanagement, welches auf aktuelle Informationen aus dem Erdbauprozess angewiesen ist, wird durch Smart Object Technologien geschaffen. Darauf aufbauend schafft ein Business Rule Management System die Voraussetzung für ein flexibel anpassbares, ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement und führt zu transparenten und effizienten Prozessen im Erdbau.

1 Einleitung und Motivation

1.1 Intransparente und manuell ablaufende Prozesse im Erdbau erschweren die Kontrolle von Erdbewegungen und den dokumentierten Nachweis über die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben

Erdbauarbeiten, welche das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden betreffen, fallen prinzipiell bei jeder Baumaßnahme an. Eine besondere Herausforderung dabei ist die Erbringung des Nachweises über die Einhaltung der zahlreichen Pflichten, welche Bauherrn und Bauunternehmern vom Gesetzgeber auferlegt werden. Dazu zählt unter anderem die Verpflichtung, Abfälle zu vermeiden, zu verwerten bzw. alle nicht vermeidbaren oder verwertbaren Stoffe schadlos zu beseitigen und zu diesem Zweck unterschiedliche Bodenarten sortenrein zu lagern. Während diese Pflichten vom Bauunternehmen einzuhalten sind, ist der Bauherr angehalten, ein Entsorgungskonzept für die jeweiligen Abfälle zu erstellen und dessen Umsetzung zu kontrollieren [KGW04, Me08]. Weiterhin wird von Bauunternehmern verlangt, einen statistischen Nachweis über Massenbewegungen zu führen. D.h. aus Gründen der Nachhaltigkeit soll nicht mehr

Material die Baustelle verlassen als der Baustelle zugeführt wird. Diese Forderung wird allgemein als Mengen- bzw. Massenausgleich bezeichnet, ist derzeit aber noch nicht rechtlich bindend. Gleichzeitig liegt die Verwendung von vorhandenen Materialien auf der Baustelle im Interesse des Bauherrn, da dieser bei intransparenten Prozessen im schlechtesten Fall unnötigerweise Material einkauft, welches bereits auf der Baumaßnahme verfügbar ist und zudem gegen zusätzliche Gebühr entsorgt werden muss. Zusätzliche Intransparenzen sind dem Umstand geschuldet, dass die Kontrolle und die Dokumentation von Erdbewegungen bisher manuell stattfindet. Handschriftlich ausgestellte Lieferscheine sind jedoch häufig unleserlich und gehen zudem oft verloren [KHB10].

1.2 Stoffstrommanagement führt zu transparenten und effizienten Prozessen im Erdbau

Stoffstrommanagement im Erdbau bezeichnet einen wirksamen Mechanismus zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Erdbewegungen, welcher die im vorangegangenen Abschnitt erwähnten Herausforderungen im Erdbau adressiert. Dabei wird in der Planung festgelegt, wie das vorhandene Erdmaterial in der Baumaßnahme gemäß der zugehörigen Materialeigenschaften, welche vor Beginn der Baumaßnahme durch geotechnische Beprobung ermittelt werden, zu verwenden ist. Dagegen betreffen Steuerung und Kontrolle die korrekte Umsetzung der Planungsentscheidung und deren Überwachung auf der Baustelle [KHB10].

Es stellt sich die Frage, wie die für die Steuerung und die Kontrolle notwendigen Daten möglichst automatisiert und in Echtzeit erhoben werden können, um so für Prozesstransparenz im Erdbau zu sorgen. Der vorliegende Beitrag verfolgt daher einen interdisziplinären Ansatz im Sinne der Forschungsdisziplin Service Science [Bu08] und untersucht die Frage, mit welchen Technologien die erwähnten Daten erhoben werden können und wie das Stoffstrommanagement für den Erdbau informationstechnisch umgesetzt werden kann.

Der weitere Aufbau dieses Beitrags gestaltet sich wie folgt: zunächst widmet sich Abschnitt 2 dem fachlichen Umfeld. Dabei werden die Konzepte und Ergebnisse von bereits existierenden Arbeiten, die mit dieser Arbeit verwandt sind, vorgestellt. Die dort eingesetzten Techniken und Verfahren bilden zugleich einen Ausgangspunkt für die technische Umsetzung des Stoffstrommanagements, welche in Abschnitt 3 beschrieben wird. Abschnitt 4 schließt diesen Beitrag ab, indem zuerst eine rückblickende Zusammenfassung und darauf aufbauend ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und den Fortgang dieser Arbeit gegeben wird.

2 Verwandte Arbeiten

In [RSD08] wird ein satellitengestütztes System für Bagger vorgestellt, welche im Erd- und Straßenbau eingesetzt werden. Dabei ermöglicht die Kombination aus zwei GPS-Empfängern und zwei Winkelsensoren am Baggerarm die Ortung der Baggerschauelfspitze. Zudem wurde der Bordrechner mit einem Informationssystem

ausgestattet, welches in der Lage ist, anhand eines digitalen Geländemodells (DGM) die Oberfläche eines Geländeabschnitts darzustellen. Wird dem System ein zuvor erstelltes DGM mit Soll-Daten übermittelt, so kann der Baggerführer unterstützt werden, indem die Ist-Position der Schaufel sowie die momentane Abweichung von der Soll-Position im DGM visualisiert wird. Ergänzend ist das System in der Lage, aus den während der Arbeitsbewegungen des Baggers aufgezeichneten Ist-Koordinaten ein aktualisiertes DGM abzuleiten und durch den Abgleich mit dem ursprünglich geplanten DGM das Aushubvolumen zu ermitteln.

Der Baufahrzeughersteller Liebherr hat mit LiDAT jüngst eine Lösung in sein Programm genommen, welche Betriebsdaten von Baufahrzeugen sammelt und über das Mobilfunknetz an ein Backend übermittelt, um so ein Fuhrpark- und Flottenmanagement als zusätzlichen Service anzubieten [Li10]. Als Betriebsdaten können unter anderem Positionsdaten, Betriebs- und Nutzungszeiten, Service-Intervalle, kritische Betriebszustände sowie Kraftstoffverbräuche abgefragt werden. Ein Webportal dient der Visualisierung der Betriebsdaten und ermöglicht zudem die Einsatzplanung, Vermietung und Verwaltung von Baufahrzeugen. Des Weiteren erlaubt das Webportal die Definition des geografischen Einsatzgebietes einer Baumaschine. Durch den Abgleich der Ist-Position der Baumaschine mit dem Einsatzgebiet kann beispielsweise überprüft werden, ob eine Baumaschine eine Baumaßnahme unberechtigt verlässt.

3 Technische Umsetzung

3.1 Smart Object Technologien als technische Basis für das Stoffstrommanagement

Um Erdbewegungen im Sinne des Stoffstrommanagements planen, kontrollieren und steuern zu können, ist es notwendig, alle Erdbewegungen informationstechnisch zu erkennen. Daher müssen alle Baufahrzeuge, die in der Lage sind, Erdbewegungen durchzuführen, durch Technologieeinsatz überwacht werden. Die folgende Betrachtung beschränkt sich auf einen sehr vereinfachten Erdbauprozess mit einem Standbagger und einem Kipper, wie in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Vereinfachter Prozess im Erdbau

Für die informationstechnische Erkennung von Erdbewegungen, die ein Bagger bzw. ein Kipper durchführt, kommen insbesondere die sogenannten Smart Object Technologien in Frage, zu denen die Technologien Radio Frequency Identification (RFID) [Fi08], drahtlose Sensornetze [KW07] und Ortungstechnologien [Ma09] zählen, wobei letztere wiederum auf RFID [Mo09] und drahtlosen Sensornetzen [Jo08] aufbauen können. Ein weites Anwendungsfeld für diese Technologien ist das Asset Management [Fr10], wobei im Idealfall RFID-Tags oder Sensorknoten direkt an das zu überwachende Asset

angebracht werden können [Pf08]. Innerhalb des Erdbaus ergibt sich das Problem, dass Erdmassen als Schüttgut nicht direkt durch Anbringung eines Tags, sondern nur indirekt durch einen umschließenden Container wie eine Baggerschaufel oder eine Kipperladefläche näherungsweise erfasst werden können.

Die konkrete technische Umsetzung des Stoffstrommanagements für den Erdbau auf Basis von Smart Object Technologien setzt auf dem im vorangegangenen Abschnitt erwähnten, satellitengestütztem System für Bagger [RSD08] auf und erweitert dieses wie folgt: zusätzlich zum Aushubvolumen wird auch die Art des ausgehobenen Erdmaterials automatisch erkannt. Daher kommt ein Geländemodell zum Einsatz, in welchem unterschiedliche, übereinanderliegende Bodenschichten, welche zuvor durch Bohrungen ermittelt wurden, abgebildet werden können. Das System kann den Inhalt jeder einzelnen Schaufel festhalten und per Funk an eine Integrationsplattform übermitteln. Zusätzlich wird ein Kipper mit einem satellitengestütztem System ausgestattet, welches die Ortung des Kippers inkl. der Ladefläche und somit des aufgeladenen Erdmaterials ermöglicht. Menge und Art des aufgeladenen Erdmaterials können im Unternehmens-Informationssystem einerseits durch das Aufsummieren der über der Ladefläche abgeladenen Baggerschaufeln ermittelt werden. Andererseits gibt es Kipper, die bereits eine Waage integriert haben, welche das Gewicht auf der Ladefläche ermitteln und dadurch die Berechnung des Aushubvolumens absichern kann. Des Weiteren wird der Kipper mit einem Winkelsensor ausgestattet, um den Abkippvorgang zu erkennen. Datenerfassung und -übermittlung erfolgen hier über ein drahtloses Sensornetz.

3.2 Business Rule Management als Voraussetzung für ein flexibel anpassbares, ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement

Smart Object Technologien können nur dann gewinnbringend eingesetzt werden, wenn diese mit möglichst geringem Aufwand in die bestehende IT-Infrastruktur der Unternehmen eingebunden werden können. Zu diesem Zweck wird eine modular aufgebaute, einfach anpassbare und kostengünstige Integrationsplattform entwickelt, die diese Technologien über eine gemeinsame Hardware-Abstraktionsschicht vereint, das Zusammenspiel mit der vorhandenen Unternehmens-IT regelt und somit den Integrationsaufwand erheblich reduziert. Eine besonders wichtige Komponente ist dabei das Event Management, welches die Überwachung von Geschäftsprozessen in Echtzeit und die frühzeitige Erzeugung von Fehler- und Warnmeldungen bei Eintritt kritischer Ereignisse übernimmt. Um ein effizientes und flexibel anpassbares Event Management zu ermöglichen, werden eine Business Rule Engine (BRE) und ein Business Rule Management System (BRMS) in die Integrationsplattform integriert [Ho09].

Zur Unterstützung des Stoffstrommanagements wurde eine Reihe von Ereignissen zusammengetragen, welche die Planung, Steuerung und Kontrolle von Erdbewegungen unterstützen. Ereignisse werden durch die BRE erkannt, in Form von Fehler-, Warn- oder Standardmeldungen an die Integrationsplattform weitergereicht und zusätzlich je nach Konfiguration z.B. per E-Mail an den Prozessverantwortlichen gemeldet. Des Weiteren kommt ein webbasiertes Dashboard zum Einsatz, welches die von der BRE erkannten Ereignisse sowie den Prozessfortschritt zeitnah in geeigneter Form visualisiert und somit die Planung, Steuerung und Kontrolle von Erdbewegungen vereinfacht. Pro

Bagger können die aktuell geförderten Erdmaterialien abhängig vom Materialtyp und des Aushubvolumens visualisiert und mit der Planung verglichen werden. Analog dazu kann pro Kipper der aktuelle Ladezustand abhängig vom geförderten, aufsummierten Aushubvolumen oder von einer integrierten Waage visualisiert und mit der Planung verglichen werden. Weiterhin können die Aushubvolumina der verschiedenen Haufwerke visualisiert und auf Sortenreinheit überprüft werden. Zudem kann die Position der Baufahrzeuge, der Aushuborte und der Haufwerke auf der Baumaßnahme innerhalb einer Karte angezeigt werden. Zuletzt ist es möglich, die erlaubten Positionen der Baufahrzeuge durch ein auf derselben Karte angezeigtes Geofencing einzuschränken und zu überwachen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von der Tatsache, dass intransparente und manuell ablaufende Prozesse im Erdbau die Kontrolle von Erdbewegungen und den dokumentierten Nachweis über die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben erschweren, sollte in dem vorliegenden Papier die Frage beantwortet werden, wie die Daten, welche für Planung, Steuerung und Kontrolle von Erdbewegungen notwendig sind, möglichst automatisiert und in Echtzeit erhoben werden können, um so für Prozesstransparenz im Erdbau zu sorgen. Zu diesem Zweck wurde ein Entwurf einer möglichen Umsetzung des Stoffstrommanagements auf Basis von Smart Object Technologien vorgestellt, welches in der Lage ist, die gewünschten Informationen aus dem Erdbauprozess zeitnah zu erheben. Darauf aufbauend wurden die Vorteile des Einsatzes eines BRMS aufgezeigt, welches die Voraussetzung für ein flexibel anpassbares, ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement darstellt und zu transparenten und effizienten Prozessen im Erdbau führt.

Neben den klassischen Business Rule Engines (BRE) könnte auch der Ansatz des Complex Event Processing (CEP) zur Umsetzung des beschriebenen Event Managements herangezogen werden. In diesem Kontext könnten insbesondere Rule Engine-basierte CEP-Lösungen geeignet sein. Eine Evaluation von CEP steht allerdings noch aus. Interessanterweise ist eine zunehmende Verschmelzung von BRE und Rule Engine-basierte CEP-Lösungen festzustellen. Eine gute Übersicht über kommerzielle und frei am Markt verfügbare CEP-Systeme gibt [GR09]. Die den gefundenen Ereignissen zugrundeliegenden Geschäftsregeln sollten neben einer effizienten, auf die verwendete BRE optimierte IT-Umsetzung durch die Definition einer Domain Specific Language (DSL) in natürlichsprachlichem Deutsch formuliert werden. Dabei sollten die Prinzipien der Business Rules Unabhängigkeit [RS04] sowie eine standardisierte Referenznotation wie RuleSpeak [RP09] in Verbindung mit SBVR [Ob08] zum Einsatz kommen.

Literaturverzeichnis

[Bu08] Buhl, H. U.; Heinrich, B.; Henneberger, M.; Krammer, A.: Service Science. In Wirtschaftsinformatik 50 (2008), Nr. 1, S. 60-65. – ISSN 0937-6429

- [Fi08] Finkenzeller, K.: RFID Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage, München: Carl Hanser Verlag, Oktober 2008. – ISBN 3-446-41200-X
- [Fr10] Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS (Hrsg.): Focus Group Asset Management - Weniger Bestände, weniger Kosten, bessere Auslastung mit Smart Object-Technologien. Nürnberg: Fraunhofer SCS, März 2010 – Firmenschrift
- [GR09] Gualtieri, M.; Rymer, J. R.: The Forrester Wave: Complex Event Processing (CEP) Platforms, Q3 2009 – for Application Development & Program Management Professionals. Cambridge, Massachusetts, USA: Forrester Research, August 2009. – Marktstudie
- [Ho09] Holloway, S.: Business Rules Management - Managing business rules of an organisation. London: Bloor Research, September 2009. – Marktstudie
- [Jo08] de Jong, E.: Ambient Product Series 3000 White Paper - Technology Overview. Enschede, Niederlande: Ambient Systems B.V., Juni 2008. – Firmenschrift
- [KGW04] Krippgans, C.; Graab, K.-J.; Waerder, J.: Bauabfälle – Wiederverwendung von Aushub und Straßenaufbruch beim Bau von Gas- und Wasserleitungen. In: bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 55 (2004), Nr.7/8, S. 22-29. – ISSN 1611-1478
- [KHB10] Krupp, M.; Höppner, G.; Baumgärtel, T.: Stoffstrommanagement – Effiziente Erdbewegungen auf Baustellen. In: BauPortal 54 (2010), Nr. 1, S. 28-30. – ISSN 1866-0207
- [KW07] Karl, H.; Willig, A.: Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks / Karl, H.; Willig, A.. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2007. – ISBN 978-0-470-51923-3
- [Li10] Liebherr-International AG (Hrsg.): LiDAT – Das umfassende Fuhrpark- und Flottenmanagement von Liebherr. 2010 (BK LWN 11005990-8-04.10d). – Firmenschrift
- [Ma09] Malik, A.: RTLS for Dummies. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley Publishing, 2009. – ISBN 978-0-470-39868-5
- [Me08] Melchior, O.: Bodenschutz auf der Baustelle – Interferenzen von Boden- und Baurecht – Zuständigkeiten, Gültigkeitsbereiche, Harmonisierungsbedarf. Wuppertal, Bergische Universität Wuppertal, Abteilung Bauingenieurwesen, Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen, Studienarbeit, Juli 2008
- [Mo09] Mojix Inc. (Hrsg.): Mojix EPC Compliant Real-Time Location System. Los Angeles, Kalifornien, USA: Mojix Inc., 2009. – Firmenschrift
- [Ob08] Object Management Group (Hrsg.): Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR), v1.0 - OMG Available Specification. 2008 (formal/08-01-02). – Norm
- [Pf08] Pflaum, A.; Traulsen, H.; Lempert, S.; Gehrman, V.; Hupp, J.: Sicherung teurer Produkte in den Distributionssystemen der Wirtschaft mit Hilfe von drahtlosen Sensornetzwerken - Möglichkeiten und Grenzen der neuen Technologie, In: Pfohl, H.-C.; Wimmer, T.: Wissenschaft und Praxis im Dialog. Robuste und sichere Logistiksysteme: 4. Wissenschaftssymposium Logistik in München, 11.-12.06.2008. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, Juni 2008 (BVL-Schriftenreihe Wirtschaft & Logistik). – ISBN 978-3-87154-381-4
- [RP09] Ross, R. G.; Pitschke, J.: RuleSpeak Guidelines – Grundlagen – Geschäftsregeln in natürlich sprachlichem Deutsch darstellen – was man tun sollte und was nicht.
- [RS04] Ross, R. G.; Schacher, M.: Business Rules Group – Business Rules Manifest – Die Prinzipien der Business Rules Unabhängigkeit. Version 2.0, 1. November 2003, deutsche Übersetzung 2004.
- [RSD08] Rausch, P.; Schreiber, F.; Diegelmann, M.: Effiziente Prozessgestaltung im Erd- und Straßenbau durch den Einsatz von satellitengestützten Entscheidungsunterstützungssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 50 (2008), Nr. 4, S. 305-313. – ISSN 0937-6429