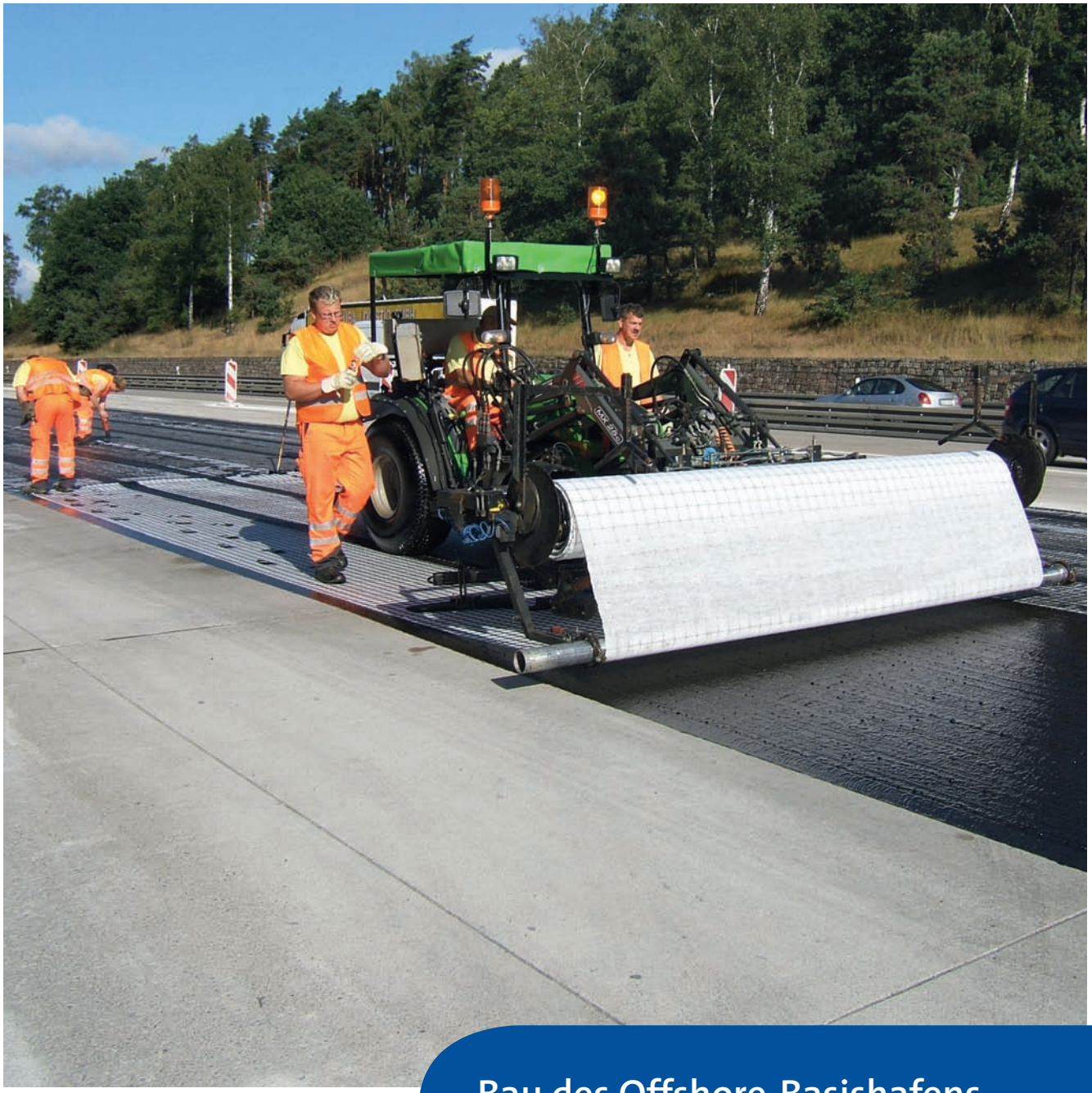
BauPortal

ISSN 1866-0207 6693

Mai 2010 5



Bau des Offshore-Basishafens „Liegeplatz 8“ – Cuxhaven

Straßenbau – Arbeitsvorbereitung und Qualität im Straßenbau
– Lärmmindernde Asphaltdeckschichten für kommunale Straßen

Erdbau – Hydraulische Anwendungen von Geokunststoffen
– Ersatzbaustoffverordnung (EBV)

Baubetrieb – Ergonomiegestützte Multiagentensimulation

BG BAU
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

BauPortal

Heft 5 • 122. Jahrgang • Mai 2010
Fachzeitschrift der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft Prävention
www.bgbau.de

BG BAU
Berufsgenossenschaft
der Bauwirtschaft

Verlegung der Asphalteinlage am Berliner Ring (Foto: Tensar International GmbH)

Verlag: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
Süddeutsche Zweigstelle, Paosostraße 7, 81243 München
Telefon (0 89) 82 99 60-0, Fax (0 89) 82 99 60-10
ESV.Muenchen@ESVmedien.de
www.ESV.info

Verantwortlicher Schriftleiter: Prof. Dipl.-Ing. Manfred Bandmann,
Geschäftsführer der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Redaktion: Prof. Dipl.-Ing. Univ. Rudolf Scholbeck,
Leiter der Prävention der BG BAU
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Blaasch, Postanschrift: 81237 München,
Ortsanschrift: Landsberger Straße 309, 80687 München,
Telefon (0 89) 88 97-02 (App. 818), Fax (0 89) 88 97-819 oder -829
bauportal@bgbau.de
Die mit Namen oder Initialen gezeichneten Beiträge entsprechen nicht in jedem Fall der Meinung der BG BAU Prävention. Für sie trägt die BG BAU Prävention lediglich die allgemeine pressegesetzliche Verantwortung.

Vertrieb: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Süddeutsche Zweigstelle,
Paosostraße 7, 81243 München, Telefon (0 89) 82 99 60-0, Fax (0 89) 82 99 60-10
Konto: Berliner Bank AG, Kto.-Nr. 3 207 627 400 (BLZ 100 200 00)

Bezugsbedingungen: Bezugsgebühren im Jahresabonnement € 42,–/sfr 72,–;
für in Ausbildung befindliche Bezieher jährlich € 21,–/sfr 36,– (gegen Vorlage einer Studien- bzw. Ausbildungsbescheinigung); Einzelbezug je Heft € 4,–/sfr 7,– (jeweils einschließlich 7 % Mehrwertsteuer und zzgl. Versandkosten). Die Bezugsgebühr wird jährlich im Voraus erhoben. Abbestellungen sind mit einer Frist von 2 Monaten zum 1.1. jeden Jahres möglich. Preise für gebundene Ausgaben und CD-ROMs früherer Jahrgänge auf Anfrage.
Bei den Mitgliedsbetrieben der BG BAU ist der Bezugspreis im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Anzeigen: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Süddeutsche Zweigstelle,
Paosostraße 7, 81243 München, Telefon (0 89) 82 99 60-0, Fax (0 89) 82 99 60-10
Anzeigenleitung: Peter Taprogge (verantwortlich)
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 45, die auf Wunsch zugesandt wird.
Der Anzeigenteil ist außer Verantwortung der Schriftleitung.

ISSN: 1866-0207

Gesamtherstellung: PC-Print GmbH, Infanteriestraße 11a, Haus A1, 80797 München

IVW-geprüfte Auflage

LA BAU Arbeitsgemeinschaft

Inhalt

Bau des Offshore-Basishafens „Liegeplatz 8“ – Cuxhaven 248
Arbeitsvorbereitung und Qualität im Asphaltstraßenbau 255
Lärmmindernde Asphaltdeckschichten für kommunale Straßen 263
Hydraulische Anwendungen von Geokunststoffen 267
Sanierung der A 10, südlicher Berliner Ring 272
Heben und Stabilisieren von Betonplatten 275
Ersatzbaustoffverordnung (EBV) 278
Ergonomiegestützte Multiagentensimulation im Baubetrieb ... 280
Geometrischer Soll-Ist-Abgleich bei Brückenbauwerken 284
ForBAU-Kongress 2010 286
Deutsche Asphalttage 2010 287
Abbruchtagung 289
Energieausweise für Gebäude in der Schweiz 291
Oldenburger Rohrleitungsforum 2010 292
21. Wienerberger Mauerwerkstage 293

Stichwort Recht 294
aktuell – rund um die BG BAU 296
Prüfung technischer Arbeitsmittel 299
Mitteilungen aus der Industrie 300
Veranstaltungen 310
Buchbesprechungen 310

Geometrischer Soll-Ist-Abgleich bei Brückenbauwerken

Dipl.-Ing. Markus Schorr und
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner, München

Die Technologie der Augmented Reality bietet Bauunternehmern, Projektsteuerern und dem Bauherrn eine hochinnovative Möglichkeit den Baufortschritt einfach, schnell und intuitiv zu analysieren. Zusammen mit weiteren zukunftsweisenden digitalen Werkzeugen wird damit im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes „Virtuelle Baustelle“ (ForBAU) der Grundstein für eine neue Qualität in der Bauabwicklung gelegt.

Ausgangssituation

Eine grobe geometrische Analyse des Baufortschritts erfolgt derzeit mit Hilfe von klassischen Messmethoden. Zumeist werden die Maße mit einem Rollbandmaß, Laser-Distanzmesser oder tachymetrisch aufgenommen, dokumentiert und mit der Zeichnung verglichen. Dieses Vorgehen ist zeitaufwändig und es ist mühsam, den Überblick zu behalten. Das manuelle Übertragen der Maße in den Plan erweist sich zudem als fehleranfällig. Darüber hinaus werden nicht oder an falscher Stelle gebaute Objekte nur schwer identifiziert.

Abb. 1: AR-Einsatz in Form eines Head-Up Displays im Kampfjet [2]

Ziel

Die Planung von Bauwerken findet heute zumeist 2D-planbasiert statt. Immer mehr innovative Planungsbüros und bauausführende Unternehmen setzen jedoch bereits heute auf einen virtuellen 3D-Entwurf, um beispielsweise Planungsfehler wie Kollisionen frühzeitig zu erkennen und damit die Kosten in der Ausführungsphase zu senken [4]. Auf Basis dieser 3-dimensionalen Planungsinformationen soll ein schnelles, kostengünstiges und intuitives Verfahren zur groben geometrischen Analyse der Bauleistung entwickelt werden. Durch eine Überlagerung von 3D-Modell und Bauwerk soll überprüft werden, inwiefern das real Gebaute mit der Planung übereinstimmt. Der Baufortschritt kann so schnell und einfach kontrolliert und in visuell ansprechender Form dokumentiert werden. Damit soll das Verfahren einen echten Mehrwert gegenüber konventionellen Messmethoden bieten.

Konzept

Zur Erreichung dieser Zielsetzung kommt die Technologie der Augmented Reality (AR; dt.: Erweiterte Realität) zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um eine neuartige Technologie, bei der das Blickfeld des Anwenders durch digitale Informationen erweitert wird [3]. Eingesetzt wird die Technologie heute schon im Bereich der Militärtechnik und im Automobil (Abb. 1). Auch in der Medizintechnik, der Fabrikplanung und in den Bereichen Service und Wartung finden sich mehr und mehr Anwendungen [5].

Mit Hilfe von AR soll am Beispiel eines Brückenbauwerkes untersucht werden, ob die tatsächliche Ausführung der Brücke mit der Planung übereinstimmt. Konkret sollte überprüft werden, inwiefern die Positionen der Träger des realen Bauwerkes mit jenen des 3D-Modells übereinstimmen. Unterstützt wurde das Vorhaben von der Fa. metaio aus München. Es konnte in diesem Bereich auf Erfahrungen aus der Fabrikplanung zurückgegriffen werden, die nun auf das Bauwesen übertragen werden sollten. Interessante Aspekte der Untersuchung waren v.A., wie sich die großen Abmaße von Brückenbauwerken bzw. der weite Fotografierabstand auf Winkelfehler auswirkt und welche Einflüsse die Umgebungsbedingungen wie Staub, Licht, Schatten oder Regen auf das Ergebnis der Überlagerung haben.

Das Konzept sieht vor, die an der Brücke zu untersuchende Stelle zunächst digital zu fotografieren und danach mit dem 3D-Modell des Bauwerks zu überlagern. Zur Referenzierung von 3D-Modell und Foto muss eine Markierung am realen sowie am virtuellen Modell angebracht werden, die den Ursprung beider Koordinatensysteme bildet. Am Rechner können dann mit Hilfe der von der Fa. metaio zur Verfügung gestellten Software „UNIFEYE“ Modell und Bild zusammengeführt, analysiert und ausgewertet werden.

Umsetzung und Vorgehen

Zur Umsetzung des Konzepts sollte idealerweise bereits ein 3D-Modell des Bauwerks vorliegen. Zudem muss eine entsprechende AR-Überlagerungssoftware wie beispielsweise metaio UNIFEYE zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ist es nötig, die verwendete

Abb. 2: Konzept für einen AR-basierten geometrischen Soll-Ist-Abgleich für Brückenbauwerke

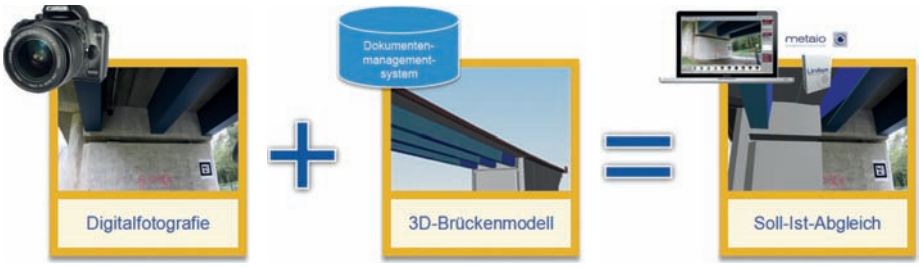


Abb. 3: Vorgehensweise beim AR-basierten geometrischen Soll-Ist-Abgleich von Brückenbauwerken

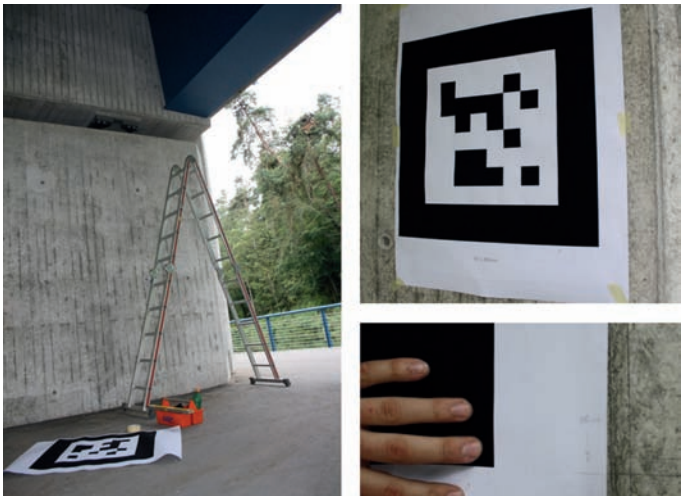


Abb. 4: Anbringung von Markern an einem Brückenbauwerk

Digitalkamera und die Überlagerungssoftware aufeinander abzustimmen. Daten wie die Brennweite der Kamera, Informationen zum Chip und eine spezielle Kalibrierung der Software auf die verwendete Kamera sind notwendig, um die Überlagerung hinreichend genau erfolgen zu lassen. Der Kalibrierungsvorgang berücksichtigt dabei Verzerrungen durch das Linsensystem sowie fertigungsbedingte Toleranzen des Gesamtsystems Kamera-Objektiv und muss lediglich einmalig erfolgen [1].

Um das real gebaute Objekt und das 3D-Modell zu „synchronisieren", sind spezielle Marker nötig (Abb. 4). Besonders die Auswahl eines bezüglich der Größe passenden Markers in Abhängigkeit von Kamera und Fotografierabstand zum Bauwerk beeinflusst maßgeblich die Genauigkeit der Überlagerung. Ein entwickeltes Tool hilft, hier die richtige Entscheidung zu treffen. Es sollte darauf geachtet werden, pro Markerseite mindestens 170 Pixel im Digitalbild vorzufinden, um sowohl Rotations- als auch Translationsfehler zu minimieren [1].

Die Positionierung des Markers am Bauwerk ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Auch sie beeinflusst direkt Genauigkeit der Überlagerung, da sich geringe Winkelfehler und Maßungenauigkeiten bei steigender Bauwerksgröße potenzieren. Sinnvoll erweist sich die Anbringung des Markers an einem Punkt, dessen Position bekannt ist. In jedem Fall muss gewährleistet sein, dass die Stelle, auf der der Marker real aufgebracht wird auch im 3D-Modell vorhanden ist.

Im nächsten Schritt kann nun das Foto erstellt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Marker nicht verdeckt wird. Zudem sollte er gut ausgeleuchtet und nicht an einer Licht-Schattengrenze liegen. Da die Überlagerung nur bei einer im Rahmen der Kalibrierung definierten Festbrennweite überzeugende Ergebnisse liefert, muss der richtige Abstand zum Bauwerk gewählt werden um ein scharfes Bild zu erhalten. Darüber hinaus sollte das Foto unter einem Winkel von ± 25–65° zur Markernormalen (ideal wären 45°) erstellt werden, da die Verzerrung des Markers auf dem Foto die Basis für das Mapping von 3D-Objekt und Foto sind. Ferner sollte der Marker bei der Bilderstellung möglichst in der Mitte liegen [1].

Der Mittelpunkt der Stelle am Bauwerk, an der der Marker angebracht wurde, wird bei einer Überlagerung von Bild und 3D-Modell als Ursprung bzw. Koordinatennullpunkt des Bildes betrachtet. Dementsprechend muss nun auch das Koordinatensystem des 3D-Modells an die reale Markerposition verschoben werden. Danach kann das Modell in ein neutrales 3D-Format wie VRML oder JT überführt und in die Überlagerungssoftware eingelesen werden. Zusätzlich müssen noch die Parameter der korrespondierenden Kamerakalibrierung, des Markers sowie das erstellte Foto importiert werden. In der Überlagerungssoftware UNIFEYE wird es nun möglich, umfangreiche Analysen durchzuführen.

Es können Ebenen erstellt und somit lediglich ausgesuchte Bereiche des 3D-Modells eingeblendet werden. Auf diese Weise können Kanten von 3D-Modell und Bild auf Deckungsgleichheit und Maßhaltigkeit überprüft werden. Neben der rein visuellen Kontrolle sind auch Messungen zwischen Punkten möglich, deren Genauigkeit stark abhängig von der Exaktheit der Überlagerung ist.

Nach umfangreichen Tests und Parametervariationen, z.B. von Fotografierabstand, Winkel zum Marker und der Fotografie bei widrigen Umständen wie Dämmerung, direkter Sonneneinstrahlung, Regen oder Staub lassen sich die wesentlichen Ergebnisse zum AR-basierten geometrischen Soll-Ist-Abgleich von Brückenbauwerken wie folgt zusammenfassen:

- Das Verfahren ist relativ schnell durchführbar (ca. 3 Std. inkl. erster Auswertung ohne An- und Abfahrtszeit zur Baustelle).
- Werden bei der Markerauswahl und -positionierung, Fotoerstellung und CAD-Aufbereitung alle relevanten Punkte beachtet, so ergeben sich erstaunlich gute Ergebnisse hinsichtlich der Überlagerung. Selbst bei großen Bauwerken konnten Überlagerungen mit einer Genauigkeit von ± 3 cm erzielt werden, der Winkelfehler ist also trotz des weiten Fotografierabstandes vom Marker geringer als erwartet. Mit qualitativ hochwertigeren Kameras und einer exakteren Methode beim Einmessen der Marker sollte es

Abb. 5: Ergebnisse der Überlagerung von 3D-Brückenmodell und realem Bauwerk

möglich sein, die Genauigkeit noch weiter zu steigern.

- Eine Praxistauglichkeit ist auch bei schlechter Witterung und in staubiger Umgebung gewährleistet.

Zusammenfassung

Im Bereich der Baufortschritts- und Qualitätskontrolle existieren bislang wenig praktikable Möglichkeiten, einen visuellen Soll-Ist-Abgleich schnell, kostengünstig und intuitiv durchzuführen. Ziel war es deshalb, ein Foto der realen Umgebung mit einem vorhandenen, virtuellen 3D-Sollmodell abzugleichen und zu überprüfen, inwiefern das real Gebaute mit der Planung übereinstimmt. Hierfür wurde auf die Technologie der Augmented Reality (AR) zurückgegriffen, die es ermöglicht, die Realität mit virtuellen Inhalten computergestützt anzureichern. Es zeigte sich, dass die Qualität der Überlagerung sehr stark von Markerauswahl und -positionierung sowie einigen „Regeln" für die Fotoerstellung abhängt. Werden diese befolgt, so kann mit Hilfe von AR eine relativ genaue (± 5 cm), schnelle und einfache Baufortschrittsanalyse erfolgen. Es wird sofort visuell ersichtlich, ob bestimmte Elemente vorhanden oder grobe Fehler hinsichtlich der Maßhaltigkeit begangen wurden. Sollen hingegen Durchbiegungen oder ähnliches exakt bestimmt werden, so sind genauere Verfahren, wie etwa das 3D-Laserscanning, anzuwenden.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes „Virtuelle Baustelle" (ForBAU), der von der Bayerischen Forschungsstiftung über 3 Jahre bis Ende 2010 gefördert wird. Nähere Informationen erhalten Sie unter www.forbau.de und zur Fa. metaio unter www.metaio.com.

Literatur

[1] Egger, M.: Expertengespräch zur Überlagerung von Bildern und virtuellen 3D-Modellen innerhalb der metaio UNIFEYE-Umgebung München 2009

[2] Flightstory Aviation Blog http://blog.flightstory.net/465/airbus-a318-approved-for-hud/ 2010

[3] Klinker, G.; Reicher, T.; Brügge, B.: Distributed User Tracking Concepts for Augmented Reality Applications http://ar.in.tum.de/pub/klinker2000isar/klinker2000isar.pdf 2000

[4] RIB Software AG: Neue 5D-Softwarelösung für verbesserte Qualität auf Projekt- und Unternehmensebene in transparent spezial – Modellbasiertes Planen und Bauen 2009

[5] Schorr, M.: Augmented Reality Einsatz in der Bauindustrie 2007

Autoren:
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss und Logistik

ForBAU-Kongress 2010 – Digitale Baustelle

Zum Thema „Digitale Baustelle – ein Weg zur neuen Partnerschaft" fand am 18. März 2010 in München der erste Kongress des Forschungsverbunds ForBAU statt, bei dem mehr als 200 Fachleute aus Wirtschaft, Wissenschaft und Öffentlicher Hand teilnahmen.

Der seit 2008 tätige Forschungsverbund ForBAU hat sich zum Ziel gesetzt, Baumaßnahmen für Infrastrukturprojekte ganzheitlich und prozessorientiert in einem digitalen 3D-Modell abzubilden. Dass dieses Vorhaben nicht ausschließlich ein Forschungsthema darstellt, sondern längst auf dem Weg in die Praxis ist, zeigte die sehr hohe Beteiligung der Bauwirtschaft an diesem Kongress. „Es ist für uns sehr spannend zu sehen, wie sich das Interesse an unserer Forschungsidee aber auch allgemein an der Digitalisierung der Bauwelt in den vergangen Jahren gesteigert hat", so Prof. Willibald Günthner (TU München, Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss und Logistik), Sprecher des Verbundes. „Während wir am Anfang lange Diskussionen über den Sinn Digitaler Werkzeuge in der Baubranche geführt haben, ist das Interesse heute so groß, dass wir mehr Anmeldungen als verfügbare Plätze für den Kongress haben".

Prof. Günthner stellte in seinem Vortrag dar, wie die digitale Baustelle als Basis für die Zusammenarbeit in einem Bauprojekt genutzt werden kann, in dem er Parallelen zu verwandten Industrien wie dem Anlagenbau zog.

„Dreidimensionale Planung und die konsequente, durchgängige Nutzung digitaler Werkzeuge im Bauprozess ist unsere Strategie für die Zukunft", betonte Johann Bögl (Gesellschafter der Firmengruppe Max Bögl) in seinem Vortrag über die Kooperationspotenziale der digitalen Baustelle. Er stellt dabei heraus, dass die Nutzung digitaler Werkzeuge von der Planungsphase bis hin zur Ausführungsphase bereits heute schon erhebliche Vorteile gegenüber den traditionellen 2-dimensionalen, papierbasierten Methoden bietet.

Auch die Darstellung der Bauprozesse aus heutiger und zukünftiger Sicht aus dem Blickwinkel des Bauherren von Dr. Uwe Willberg (Baudirektor der Autobahndirektion Südbayern), des Planers von Dieter Stumpf (Geschäftsführer der SSF Ingenieure GmbH) und der Bauausführung von Dr. Karsten Beckhaus (Bauer Spezialtiefbau GmbH), zeigten deutlich den Trend zum verstärkten Einsatz von digitalen Werkzeugen im Bauumfeld.

Wie das Zusammenspiel von 3D-CAD-Systemen und zentralem Datenmanagement die Arbeit ganz konkret erleichtern und beschleunigen kann, wurde in einer Live-Demonstration von den Mitarbeitern des Forschungsverbundes ForBAU vorgestellt. Die anschließende Diskussion zeigte das große Interesse des Publikums. Die vorgestellten Technologien für die Bauausführung, wie z.B. das Laserscanning zur Bestandsdokumentation, RFID als neue Kennzeichnungstechnologie für die Baustelle oder die Ablaufsimulation zur frühzeitigen Optierung von Bauablaufplänen lieferten einen spannenden Einblick über Möglichkeiten, den Bauprozess schon heute entscheidend zu verbessern.

Insgesamt wurde der Kongress als voller Erfolg gewertet, da er neben spannenden Vorträgen den Fachleuten genügend Zeit zum Austausch bot. Wolfgang Stoermer (Geschäftsführer des Bauindustrieverbands Bayern) fasste den Kongress als „eine rundum gelungene Veranstaltung, die gezeigt hat, wohin sich in Zukunft das Bauen entwickeln wird. Gerade an diesem Forschungsprojekt zeigt sich, dass die Bauindustrie eine High-Tech-Branche ist" zusammen.

Der Forschungsverbund „Virtuelle Baustelle – Digitale Werkzeuge für die Bauplanung und -abwicklung" (ForBAU) wird von der Bayerischen Forschungsstiftung für 3 Jahre (2008–2010) gefördert. Innerhalb dieses Verbundes arbeiten 7 Lehrstühle (TU München, Universität Erlangen–Nürnberg mit Fraunhofer SCS, Hochschule Regensburg und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik) zusammen. Ziel des Forschungsverbundes ist die Erarbeitung eines Konzeptes zur ganzheitlichen Abbildung eines komplexen Bauvorhabens in einem digitalen Baustellenmodell. Das Modell soll sämtliche Daten hinsichtlich der Planung, Vermessung, Arbeitsvorbereitung, Abrechnung und Kalkulation sowie den Fortschritt der Baustelle selbst berücksichtigen und in einem zentralen Produktdatenmanagement (PDM)-System zusammenführen. Digitale Werkzeuge bilden die Basis für dieses ganzheitliche Konzept. Im Rahmen verschiedener Demonstrationsbaustellen soll dieses schließlich in der Praxis validiert werden.

Cornelia Klaubert,
TU München,
Lehrstuhl für Fördertechnik,
Materialfluss und Logistik