

Willibald A. Günthner  
André Borrmann (Hrsg.)

# Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen

Werkzeuge und Methoden  
für das Bauen im 21. Jahrhundert

 Springer

VDI

Digitale Baustelle-  
innovativer Planen, effizienter Ausführen

Willibald Günthner • André Borrmann  
Herausgeber

# Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen

Werkzeuge und Methoden für das Bauen  
im 21. Jahrhundert

 Springer

*Herausgeber*

Prof. Dr. Willibald Günthner  
Lehrstuhl für Fördertechnik  
Materialfluss Logistik (fml)  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 15, Gebäude 5  
85748 Garching  
Deutschland  
guenthner@fml.mw.tum.de

Dr. André Borrmann  
Lehrstuhl für Computation in Engineering  
(CiE)  
Technische Universität München  
Arcisstraße 21  
80290 München  
Deutschland  
andre.borrmann@tum.de



Bayerische  
Forschungsstiftung

Der Forschungsverbund ForBAU wurde von der Bayerischen Forschungsstiftung gefördert.  
Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

ISBN 978-3-642-16485-9      e-ISBN 978-3-642-16486-6  
DOI 10.1007/978-3-642-16486-6  
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Einbandentwurf:* WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

# Vorwort

Das Bauwesen unterliegt heute enormen Anforderungen. Immer komplexere Bauvorhaben müssen in immer kürzerer Zeit realisiert werden. Gleichzeitig erzeugt der starke Wettbewerb in der Branche einen deutlichen Kostendruck. Diesen Anforderungen wird die deutsche Bauindustrie nur durch eine Steigerung der Effizienz bei der Planung und Abwicklung von Bauvorhaben begegnen können. Im Augenblick muss jedoch konstatiert werden, dass die im Bauwesen erreichte Prozessqualität, vor allem hinsichtlich Termintreue und Kostensicherheit, stark hinter der anderer Branchen, wie beispielsweise der Fahrzeugindustrie, zurückbleibt.

Die Gründe hierfür sind vielfältig und liegen zum einen in den schwierigen Rahmenbedingungen, denen die Bauindustrie unterliegt, darunter die Fertigung von Unikaten, die Abhängigkeit von Witterungseinflüssen, die starke Fragmentierung der Branche und die ausgeprägte Segmentierung entlang der Prozesskette. Zum anderen lässt sich aber eine im Vergleich mit anderen Industriezweigen nur sehr eingeschränkte Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien beobachten. Zwar werden für spezifische Teilaufgaben bereits ausgereifte Softwareprodukte eingesetzt, vor allem in der Verbesserung des Datenflusses und damit in der Weiterverwendung bestehender digitaler Daten besteht jedoch erhebliches Potential für eine Effizienz- und Qualitätssteigerung im Bauwesen.

Experten und Forscher aus Wissenschaft und Industrie haben sich daher im dreijährigen Forschungsverbund „ForBAU – Digitale Werkzeuge für die Bauplanung und -abwicklung“ der Herausforderung gestellt, ein Konzept zur ganzheitlichen computergestützten Abbildung komplexer Bauvorhaben in Form eines digitalen Baustellenmodells zu entwickeln, welches in jeder Projektphase – von der Planung über die Ausführung bis zur Bewirtschaftung – genutzt werden kann.

Gemeinsam mit einer Vielzahl von Unternehmen aus der Bau- und Softwareindustrie erarbeiteten sieben Lehrstühle der Technischen Universität München, der Universität Erlangen-Nürnberg, der Hochschule Regensburg und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik (DLR) Methoden und Konzepte für das Bauen im 21. Jahrhundert. Dabei galt es, die Vision der Digitalen Baustelle mit Leben zu erfüllen und die konzeptionelle und technologische Grundlage für ihre Umsetzung zu schaffen. Das ForBAU-Projekt konzentrierte sich dabei auf den Infrastrukturbau, also die Realisierung von Verkehrsstrassen und der darin enthaltenen

Brückenbauwerke. Anhand dieses Baustellentyps konnten die Vorteile einer ganzheitlichen, integrierten Abbildung der im Zuge von Planung und Ausführung anfallenden Daten und ihre vielfältige Nutzung aufgezeigt werden.

Von besonders großer Bedeutung war der interdisziplinäre Charakter des Forschungsverbunds, der es ermöglichte, die in anderen Industriezweigen gesammelten Erfahrungen bei der Einführung der digitalen Prozesskette zu nutzen und auf die Spezifika des Bauwesens zu übertragen.

Das vorliegende Buch fasst die im ForBAU-Projekt erzielten Ergebnisse der dreijährigen Forschungsarbeit zusammen. Das erste Kapitel beschreibt den Status Quo der Planung und Ausführung und die damit verbundenen Probleme und Herausforderungen. Darauf aufbauend werden in den Kap. 2 bis 5 die im Rahmen des ForBAU-Projekts entwickelten Methoden und Technologien zur Umsetzung der Vision der Digitalen Baustelle vorgestellt. Dazu gehören die konsequent 3D-gestützte Planung, die Nutzung von Systemen zur zentralen Datenhaltung, die computergestützte Simulation des Bauablaufs und die Einführung moderner Logistikkonzepte. Kapitel 6 beschreibt die erfolgreiche Validierung der entwickelten Methoden anhand einer ganzen Reihe von Pilotbaustellen.

Dieses Buch und die darin vorgestellten Ergebnisse wurden nur durch die intensive Zusammenarbeit aller Projektpartner ermöglicht. Für die stets gute und produktive Kooperation möchten wir uns bei allen Partnern herzlich bedanken. Ein ganz besonderer Dank gilt der Bayerischen Forschungsstiftung, deren großzügige Förderung das Projekt überhaupt erst ermöglicht hat. Die unkomplizierte und partnerschaftliche Zusammenarbeit hat uns die Freiheit gegeben, die Vision der Digitalen Baustelle umzusetzen. Wir danken auch dem Springer-Verlag für die angenehme Zusammenarbeit bei der Herausgabe des Buches.

München  
September 2010

Willibald A. Günthner, André Borrmann

# Inhalt

<b>1 Bauen heute und morgen</b> .....	1
<i>Tobias Baumgärtel, André Borrmann, Willibald A. Günthner, Rudolf Juli, Cornelia Klaubert, Erhard Lederhofer, Jürgen Mack und Uwe Willberg</i>	
<b>2 Integrierte Planung auf Basis von 3D-Modellen</b> .....	23
<i>Tobias Baumgärtel, André Borrmann, Thomas Euringer, Matthias Frei, Gerd Hirzinger, Tim Horenburg, Yang Ji, Rudolf Juli, Thomas Liebich, Frank Neuberg, Mathias Obergrießer, Markus Pfitzner, Claus Plank, Karin H. Popp, Hanno Posch, Rupert Reif, Markus Schorr, Sabine Steinert, Bernhard Strackenbrock, Wolfgang Stockbauer, Dieter Stumpf, Alaeddin Suleiman, Norbert Vogt, und Johannes Wimmer</i>	
<b>3 Projektdaten zentral verwalten</b> .....	117
<i>André Borrmann, Andreas Filitz, Willibald A. Günthner, Alexander Kisselbach, Cornelia Klaubert, Markus Schorr, und Stefan Sanladerer</i>	
<b>4 Simulationsgestützte Bauablaufplanung</b> .....	159
<i>André Borrmann, Willibald A. Günthner, Tim Horenburg, Markus König, Jürgen Mack, Stefan Pfaff, Dirk Steinhauer und Johannes Wimmer</i>	
<b>5 Logistikmanagement in der Bauwirtschaft</b> .....	205
<i>Tobias Hasenclever, Tim Horenburg, Gerritt Höppner, Cornelia Klaubert, Michael Krupp, Karin H. Popp, Oliver Schneider, Wilhelm Schürckmann, Sebastian Uhl und Jörg Weidner</i>	
<b>6 Die Umsetzung der Digitalen Baustelle</b> .....	291
<i>Tobias Baumgärtel, Tim Horenburg, Yang Ji, Mathias Obergrießer, Claus Plank, Markus Schorr, Bernhard Strackenbrock und Johannes Wimmer</i>	

<b>7 Fazit</b> .....	341
<i>André Borrmann und Willibald A. Günthner</i>	
<b>Sachverzeichnis</b> .....	345

# Autorenverzeichnis

**Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel** Zentrum Geotechnik, Technische Universität München, Baumbachstraße 7, 81245 München, Deutschland  
E-Mail: t.baumgaertel@bv.tum.de

**Dr.-Ing. André Borrmann** Lehrstuhl für Computation in Engineering, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80290 München, Deutschland  
E-Mail: andre.borrmann@tum.de

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Euringer** Fachbereich Bauingenieurwesen Bauinformatik/CAD, Hochschule Regensburg, Prüfeninger Str. 58, 93049 Regensburg, Deutschland  
E-Mail: thomas.euringer@hs-regensburg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Andreas Filitz** PROCAD GmbH & Co. KG, Vincenz-Prießnitz-Straße 3, 76131 Karlsruhe, Deutschland  
E-Mail: af@procad.de

**Dipl.-Math. Matthias Frei** Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Hansastraße. 40, 80686 München, Deutschland  
E-Mail: matthias.frei@opb.de

**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml), Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: guenthner@fml.mw.tum.de

**Dipl.-Betriebswirt (FH) Tobias Hasenclever** Saint-Gobain Building Distribution Deutschland GmbH, Hanauer Landstraße 150, 60314 Frankfurt am Main, Deutschland  
E-Mail: tobias.hasenclever@saint-gobain.com

**Prof. Dr.-Ing. Gerd Hirzinger** Institut für Robotik und Mechatronik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Münchner Straße 20, 82234 Oberpfaffenhofen-Wessling, Deutschland  
E-Mail: gerd.hirzinger@dlr.de

**Dipl.-Kfm. Gerritt Höppner** Abteilungsleitung Logistik, hagebau  
Handelsgesellschaft für Baustoffe mbH & Co. KG, Celler 47, 29614 Soltau,  
Deutschland  
E-Mail: gerritt.hoepfner@hagebau.de

**Dipl.-Ing. Tim Horenburg** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,  
Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: horenburg@fml.mw.tum.de

**Dipl.-Inf. Yang Ji** Lehrstuhl für Computation in Engineering,  
Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80290 München, Deutschland  
E-Mail: y.ji@bv.tum.de

**Dr.-Ing. Rudolf Juli** Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Hansastraße 40,  
80686 München, Deutschland  
E-Mail: rudolf.juli@opb.de

**Alexander Kisselbach** Siemens Industry Software GmbH & Co. KG,  
Oskar-Messter-Straße 22, 85737 Ismaning, Deutschland  
E-Mail: alexander.kisselbach@siemens.com

**Dipl.-Ing. Cornelia Klaubert** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,  
Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: klaubert@fml.mw.tum.de

**Prof. Dr.-Ing. Markus König** Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen, Ruhr-  
Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44780 Bochum, Deutschland  
E-Mail: office@inf.bi.rub.de

**Prof. Dr. Michael Krupp** Fachgebiet Logistik & Supply Chain Management,  
Hochschule für angewandte Wissenschaften Augsburg, Schillstr. 100,  
86189 Augsburg, Deutschland  
E-Mail: michael.krupp@hs-augsburg.de

**Dipl.-Ing. Erhard Lederhofer** Obermeyer Planen + Beraten GmbH,  
Hansastraße 40, 80686 München, Deutschland  
E-Mail: erhard.lederhofer@opb.de

**Dr.-Ing. Thomas Liebich** AEC3 Deutschland GmbH, Wendl-Dietrich-Str. 16,  
80634 München, Deutschland  
E-Mail: tl@aec3.de

**Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Mack** Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG,  
Postfach 1120, 92301 Neumarkt, Deutschland  
E-Mail: jmack@max-boegl.de

**Dr.-Ing. Frank Neuberg** Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG,  
Postfach 1120, 92301 Neumarkt, Deutschland  
E-Mail: fneuberg@max-boegl.de

**M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Mathias Obergrießer** Fachbereich Bauingenieurwesen  
Bauinformatik/CAD, Hochschule Regensburg, Prüfening Str. 58,  
93049 Regensburg, Deutschland  
E-Mail: mathias.obergriesser@hs-regensburg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Stefan Pfaff** PPI Informatik – Dr. Prautsch & Partner,  
Posenerstraße 1, 71065 Sindelfingen, Deutschland  
E-Mail: stefan.pfaff@ppi-informatik.de

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Markus Pfitzner** Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG,  
Postfach 1120, 92301 Neumarkt, Deutschland  
E-Mail: mpfitzner@max-boegl.de

**Dipl.-Ing.(FH) Dipl.-Inf.(FH) Claus Plank** Fachbereich Bauingenieurwesen,  
Labor für Vermessungskunde, Hochschule Regensburg, Prüfening Str. 58,  
93049 Regensburg, Deutschland  
E-Mail: claus.plank@hs-regensburg.de

**Dr. (Univ. FI) Karin H. Popp** RIB Software AG, Lindberghstr. 11,  
82178 Puchheim, Deutschland  
E-Mail: pok@rib-software.com

**Dipl.-Ing. (FH) Hanno Posch** SSF Ingenieure GmbH, Leopoldstraße 208,  
80804 München, Deutschland  
E-Mail: hposch@ssf-ing.de

**Dr.-Ing. Rupert Reif** Safelog GmbH, Ammerthalstraße 8, 85551 Kirchheim,  
Deutschland  
E-Mail: reif@safelog.de

**Dr.-Ing. Stefan Sanladerer** Siemens Industry Software GmbH & Co. KG,  
Oskar-Messter-Straße 22, 85737 Ismaning, Deutschland  
E-Mail: stefan.sanladerer@siemens.com

**Dipl.-Ing. Oliver Schneider** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,  
Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: schneider@fml.mw.tum.de

**Dipl.-Ing. Markus Schorr** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,  
Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: schorr@fml.mw.tum.de

**Dipl.-Ing. (FH) Wilhelm Schürkmann** Bauvision Management BVM GmbH,  
James-Watt-Straße 6, 33334 Gütersloh, Deutschland  
E-Mail: wschuerkmann@bauvision.de

**Dipl.-Ing. Sabine Steinert** Faust Consult GmbH Architekten + Ingenieure,  
Biebricher Allee 36, 65187 Wiesbaden, Deutschland  
E-Mail: sabine.steinert@faust-consult.de

**Dipl.-Ing. Dirk Steinhauer** Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co KG,  
Batteriestr. 52, 24939 Flensburg, Deutschland  
E-Mail: steinhauer@fsg-ship.de

**Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Stockbauer** Fachbereich Bauingenieurwesen,  
Labor für Vermessungskunde, Hochschule Regensburg, Prüfeninger Str. 58,  
93049 Regensburg, Deutschland  
E-Mail: stockbauerw@t-online.de

**Dipl.-Ing. Bernhard Strackenbrock** Institut für Robotik und Mechatronik,  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Rutherfordstraße 2,  
12489 Berlin-Adlershof, Deutschland  
E-Mail: bernhard.strackenbrock@dlr.de

**Dipl.-Ing. Dieter Stumpf** SSF Ingenieure GmbH, Leopoldstraße 208,  
80804 München, Deutschland  
E-Mail: dstumpf@ssf-ing.de

**Dipl.-Ing. Alaeddin Suleiman** Zentrum Geotechnik, Technische Universität  
München, Baumbachstraße 7, 81245 München, Deutschland  
E-Mail: alaeddin.suleiman@bv.tu-muenchen.de

**Dipl.-Kfm. Sebastian Uhl** Zentrum für Intelligente Objekte ZIO,  
Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS, Dr.-Mack-Straße 81,  
90762 Fürth, Deutschland  
E-Mail: uhlsn@scs.fraunhofer.de, sebastian.uhl@dm-drogeriemarkt.de

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt** Zentrum Geotechnik, Technische Universität  
München, Baumbachstraße 7, 81245 München, Deutschland  
E-Mail: vogt@bv.tum.de

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jörg Weidner** Zentrum für Intelligente Objekte ZIO,  
Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS,  
Dr.-Mack-Straße 81, 90762 Fürth, Deutschland  
E-Mail: joerg.weidner@scs.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Uwe Willberg** Autobahndirektion Südbayern, Seidlstraße 7-11,  
80335 München, Deutschland  
E-Mail: uwe.willberg@abdsb.bayern.de

**Dipl.-Ing. Johannes Wimmer** Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss  
Logistik, Technische Universität München, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching,  
Deutschland  
E-Mail: wimmer@fml.mw.tum.de

# Über die Autoren

**Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel** studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München. Seit 2002 ist er am Zentrum Geotechnik der Technischen Universität München als wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftigt. Neben der geotechnischen Beratung und Begleitung von Bauprojekten bearbeitet er Forschungsprojekte aus den Bereichen Erdbau des Straßenbaus, Tunnel- und Rohrleitungsbau sowie Nachhaltigkeit in der Geotechnik. Im Rahmen seiner Dissertation setzt er sich mit der Verwendung von Erdbaustoffen mit zeitlich veränderlichen Eigenschaften auseinander.

**Dr.-Ing. André Borrmann** ist Leiter der Forschungsgruppe Bauinformatik am Lehrstuhl für Computation in Engineering der Technischen Universität München. Er hat bis 2003 an der Bauhaus-Universität Weimar Bauingenieurwesen in der Vertiefungsrichtung Bauinformatik studiert und 2007 an der Technischen Universität München promoviert. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen des Building Information Modeling, der Computerunterstützung des kooperativen Engineerings, der Simulation von Bauabläufen, der geometrisch-topologischen Analyse von digitalen Bauwerksmodellen und der Simulation von Personenströmen. Darüber hinaus ist Borrmann Geschäftsführer der BIMconsult UG, einem Unternehmen, das zu Fragestellungen des Building Information Modeling beratend tätig ist.

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Euringer** war im Anschluss an das Studium des Bauingenieurwesens als Assistent am Lehrstuhl für Bauinformatik an der Technischen Universität in München beschäftigt. Nach der Promotion trat er als Leiter der Entwicklungsabteilung in die Firma Fides DV-Partner GmbH ein. Im Jahr 2002 erfolgte der Ruf an die Hochschule Regensburg. Euringer vertritt dort an der Fakultät für Bauingenieurwesen das Fachgebiet Bauinformatik/CAD.

**Dipl.-Ing. (FH) Andreas Filitz** studierte Maschinenbau an der Fachhochschule Aalen und der University of Wolverhampton (GB). Im Anschluss arbeitete er drei Jahre in Konstruktion und Arbeitsvorbereitung/Einkauf in einem Werkzeug- und Maschinenbauunternehmen. Seit 1996 ist er bei der Firma PROCAD GmbH & Co. KG für den Vertrieb des Dokumenten- und Produktdatenmanagementsystems PRO.FILE verantwortlich.

**Dipl.-Math. Matthias Frei** studierte Mathematik mit Nebenfach Informatik an der Technischen Universität München und ist seit 1993 bei der Obermeyer Planen + Beraten GmbH in der Abteilung Datenverarbeitung als Softwareentwickler tätig. Seit 1996 ist er als Projektleiter bzw. Fachbereichsleiter (seit 2004) verantwortlich für die Entwicklung der Trassierungssoftware ProVI, einem Programmsystem für den Verkehrs- und Infrastrukturbau.

**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner** studierte an der Technischen Universität München Maschinenbau sowie Arbeits- und Wirtschaftswissenschaften. Nach seiner Promotion am dortigen Lehrstuhl für Förderwesen trat er als Konstruktions- und Technischer Leiter für Förder- und Materialflusstechnik in die Fa. Max Kettner Verpackungsmaschinen ein. 1989 übernahm er die Professur für Förder- und Materialflusstechnik an der FH Regensburg. Seit 1994 ist Günthner Leiter des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik an der TU München. Seit 2008 ist er Sprecher des Forschungsverbunds ForBAU.

**Dipl.-Betriebswirt (FH) Tobias Hasenclever** studierte Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Beschaffung und Logistik an der Fachhochschule Pforzheim. Seit 2004 arbeitet er bei Saint-Gobain Building Distribution Deutschland GmbH als Mitarbeiter der Zentralen Logistik. Zurzeit betreut Hasenclever die Bereiche Lagerplanung und Transportmanagement sowie das logistische Projektmanagement.

**Prof. Dr.-Ing. Gerd Hirzinger** studierte an der Technischen Universität München Elektrotechnik und promovierte danach am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen auf dem Gebiet der Regelungstechnik. 1991 wurde er Honorarprofessor an der TU München und kurz darauf Direktor des DLR-Instituts für Robotik und Mechatronik. 1993 brachte er weltweit erstmalig einen Roboter in den Weltraum, der von der Erde aus ferngesteuert wurde. Er ist der erste Wissenschaftler, der alle hochrangigen internationalen Auszeichnungen auf dem Gebiet der Robotik und Automation erhalten hat, dazu viele nationale Auszeichnungen wie den Leibniz-Preis, den Karlheinz-Beckurts-Preis oder das Bundesverdienstkreuz am Bande.

**Dipl.-Kfm. Gerritt Höppner** studierte Betriebswirtschaftslehre an der Fachhochschule Flensburg. Zuvor absolvierte er eine Ausbildung zum Groß- und Außenhandelskaufmann bei einem großen Baustoffhändler in Norddeutschland. Dort leitete er anschließend zwei Jahre die Warenwirtschaft. Seit 2008 ist Höppner wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services. Hier ist er in der Abteilung Technologien für die Entwicklung neuer, nachhaltiger Dienstleistungen u. a. in der Bauwirtschaft verantwortlich. Darüber hinaus studiert er derzeit Umweltwissenschaften an der Fernuniversität Hagen Logistikleiter Hagebau.

**Dipl.-Ing. Tim Horenburg** studierte von 2003 bis 2009 Maschinenwesen an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Fahrzeug- und Regelungstechnik. Seit Anfang 2009 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. Seine Hauptaufgabenfelder innerhalb des Forschungsprojekts ForBAU liegen im Bereich der Materialflussplanung und Baulegistik.

**Dipl.-Inf. Yang Ji** studierte von 2002 bis 2007 Diplom-Informatik mit Vertiefung in Software Engineering und Nebenfach Wirtschaftswissenschaft an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und begann seine Forschungstätigkeit Ende 2007 am Lehrstuhl für Computation in Engineering der Technischen Universität München als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsverbund ForBAU. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich der 3D-Modellierung von Trassen und Brückenbauwerken sowie der Optimierung und Simulation von Erdbauprozessen.

**Dr.-Ing. Rudolf Juli** hat an der Technischen Universität München Bauingenieurwesen studiert und 1983 dort promoviert. Seitdem arbeitet er beim Ingenieurbüro Obermeyer Planen + Beraten in München, seit 1987 als Leiter der Abteilung Datenverarbeitung. Darüber hinaus ist Juli Vorstandsvorsitzender des buildingSMART e. V. Deutschland.

**Alexander Kisselbach**, Jahrgang 1967, ist Sales Support Manager bei der Siemens Industry Software GmbH & Co. KG. Er ist verantwortlich für nationale und internationale Geschäftsansätze, Kunden und Projekte bei denen die Portierung der etablierten Systemlösungen und prozessunterstützenden Verfahren aus Automobilbau, Luftfahrt und dem produzierendem Gewerbe in neue Märkte im Vordergrund stehen. Vor seiner Tätigkeit bei der UGS, heute Siemens Software Industry GmbH, war er innerhalb der Dassault AG im Bereich PLM- und Qualitäts-Systeme tätig. Kisselbach war unter anderem für die Daimler AG, die BMW AG, die MTU Aero Engines und andere OEMs zuständig und kommt aus dem Maschinenbau.

**Dipl.-Ing. Cornelia Klaubert** studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität in München, der Universidad Politécnica in Valencia, Spanien und der Strathclyde University in Glasgow, Schottland. Seit 2007 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der TU München beschäftigt. 2008 übernahm sie die Geschäftsführung des Forschungsverbunds ForBAU. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich RFID-Einsatz in der Bauindustrie.

**Prof. Dr.-Ing. Markus König** leitet seit 2009 den Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen an der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der Ruhr-Universität Bochum. Er promovierte 2003 am Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen der Leibniz-Universität Hannover. Im Anschluss war er fünf Jahre an der Bauhaus-Universität Weimar als Juniorprofessor für Theoretische Methoden des Projektmanagements tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Planung, Simulation und Optimierung von Unikatprozessen, der Kopplung von heterogenen Fachmodellen sowie in der Entwicklung von Wissensmanagementkonzepten für das Bauwesen.

**Prof. Dr. Michael Krupp** studierte Sozialwissenschaften und Betriebswirtschaftslehre an der Universität Erlangen-Nürnberg, der Universität Sevilla und der Fern-Universität in Hagen. Von 2002 bis 2010 arbeitete er in der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS. In dieser Zeit schloss er am Lehrstuhl für Logistik in Nürnberg seine Dissertationsschrift zum Thema „Kooperatives Verhalten auf der sozialen Ebene einer Supply Chain“ ab. Seit 2008 leitete er im SCS die Gruppe Service Engineering und das Lab Geschäftsmodellentwicklung. Seine Tätigkeitsschwerpunkte waren Prozessgestaltung und Technologieeinsatz zur Optimierung von Supply Chain Prozessen und zur Entwicklung neuer logistischer Dienstleistungen. Seit Oktober 2010 hat er die Professur für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Logistik und Supply Chain Management an der Hochschule Augsburg inne.

**Dipl.-Ing. Erhard Lederhofer** hat von 1985 bis 1991 Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München studiert. Seitdem arbeitet er beim Ingenieurbüro Obermeyer Planen + Beraten, seit 2003 als Leiter der Abteilung Verkehrsbauwerke und Brücken. Zu seinen Aufgaben gehört die Projektleitung und Koordinierung komplexer Ingenieurplanungen und Bauaufgaben im Bereich Verkehrs- und Brückenbauwerke sowie die Gesamt-, Objekt- und Tragwerksplanung für Ingenieurbauwerke.

**Dr.-Ing. Thomas Liebich** studierte Architektur und promovierte 1994 an der Bauhaus Universität Weimar. Er ist Geschäftsführer der AEC3 Deutschland GmbH, einer Beratungsfirma, die sich intensiv mit der Einführung von Building Information Modeling (BIM) in Unternehmen beschäftigt und sowohl Softwarefirmen als auch Lösungsanbieter und Planungsbüros, Baufirmen und die öffentliche Hand im In- und Ausland dabei unterstützt. Ein wesentlicher Schwerpunkt sind für Liebich offene Verfahren und Schnittstellen, um BIM als Methode zu begreifen und über die Grenzen proprietärer Softwarelösungen hinaus zu nutzen. Dazu engagiert er sich in Netzwerken wie buildingSMART und ist Leiter des internationalen Entwicklungsteams der offenen BIM-Schnittstelle IFC.

**Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Mack** ist Zentralbereichsleiter bei der Firmengruppe Max Bögl. Als Projektleiter und Oberbauleiter war er beim Bau von Flughäfen, Autobahnen sowie ICE-Hochgeschwindigkeitsstrecken für die Umsetzung zahlreicher Großprojekte verantwortlich. In den letzten Jahren arbeitet er im Infrastrukturbereich an der Entwicklung von praxisingerechten Managementmethoden, um vor allem Großbauprojekte durch den Einsatz moderner Hilfsmittel noch effektiver zu steuern und abzuwickeln.

**Dr.-Ing. Frank Neuberg** studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München und war seit 1994 als freiberuflicher Bauingenieur im Ingenieurbüro Dieter Neuberg im Raum Nürnberg tätig. Die anschließende Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent und Forschungsgruppenleiter für „Produktmodelle & CAD“ am Lehrstuhl für Bauinformatik bei Prof. Ernst Rank an der TU München schloss er

2004 mit der Promotion ab. Im Januar 2005 wechselte er als Projektleiter 3D in den Bereich Forschung und Entwicklung der Firmengruppe Max Bögl nach Neumarkt i. d. Oberpfalz. Seit Anfang 2007 leitet Neuberg dort die Abteilung „Technische IT-Anwendungen“ und ist im Zentralbereich Unternehmensentwicklung für die Umsetzung von modellbasierten Prozessen wie z. B. BIM (Building Information Modeling) oder CAD/CAM-Integrationen mit verantwortlich.

**M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Mathias Obergrießer** studierte von 2000 bis 2005 Diplom-Bauingenieurwesen mit Vertiefung im konstruktiven Ingenieurbau an der Fachhochschule Regensburg. Sein Studium ergänzte er von 2005–2007 durch ein zusätzliches Masterstudium an der Fachhochschule Erfurt und begann Anfang 2008 an der Hochschule Regensburg als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt ForBAU zu arbeiten. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der trassengebunden und parametrisierten 3D Modellierung sowie in der Integration von geotechnischen Planungsprozessen.

**Dipl.-Ing. (FH) Stefan Pfaff**, Jahrgang 1966, ist Partner und Geschäftsführer bei PPI Informatik, einem auf die Anwendung von Simulationen in Produktion und Logistik spezialisierten Dienstleister. Nach dem Studium der Fertigungstechnik an der FH Aalen, wo er bereits erste praktische Erfahrungen in der Anwendung von Materialflusssimulationen sammelte, arbeitete er als Anwendungsberater beim Hersteller eines heute führenden Simulationswerkzeugs. Mitte 1996 gründete Pfaff zusammen mit zwei Partnern das Unternehmen PPI-Informatik. Er ist dort auf die Anwendung der Simulation zur Planung und Optimierung von Produktionssystemen spezialisiert und als Projektleiter für die Umsetzung von Prozessoptimierungen und Integration von IT-Systemen bei Kunden in unterschiedlichen Branchen, z. B. der Baustoffindustrie, der Möbelproduktion oder Metallveredelung tätig.

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Markus Pfitzner** ist seit 2006 für die Firmengruppe Max Bögl im Bereich der strategischen Unternehmensentwicklung tätig und beschäftigt sich mit der Entwicklung und Einführung von neuen 3D-Softwareanwendungen und Building Information Modeling Methoden im Unternehmen. Während dieser Zeit hat er an verschiedenen internationalen sowie nationalen Forschungsprojekten mitgearbeitet, um die 3D-modellbasierten Methoden weiterzuentwickeln. Darüber hinaus engagiert sich Pfitzner in internationalen Initiativen für die praktische Anwendung neuer Prozesse, wie z. B. in der 5D-Initiative, gemeinsam mit anderen großen europäischen Baukonzernen. Vorher war er in verschiedenen Funktionen mit der Optimierung von IT und Geschäftsprozessen in der Bau- und Fabrikplanung betraut.

**Dipl.-Ing.(FH) Dipl.-Inf.(FH) Claus Plank** studierte an der Fachhochschule Regensburg Bauingenieurwesen. Nach fünfjähriger beruflicher Tätigkeit als Vermessungsingenieur bei der Firma Stratebau GmbH nahm er 2003 ein weiteres Studium zum Diplom-Informatiker an der FH Regensburg auf. Seit 2008 arbeitet Plank an der Hochschule Regensburg als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt

ForBAU. Sein Schwerpunkt liegt im Bereich moderner Vermessungstechnologien und in der zugehörigen Schnittstellen- und Softwarelandschaft.

**Dr. (Univ. FI) Karin H. Popp** studierte an der Universität Florenz Architektur und promovierte dort am Lehrstuhl für Statik und Festigkeitslehre. Später war sie u. a. als Projektleiterin und Baustellenbetreuerin im Hoch-, Tief- und Infrastrukturbau tätig, wobei sie das Management technischer Projektprozesse auf der Baustelle verantwortete. Seit über zehn Jahren agiert sie für die RIB-Gruppe im Pre-Sales- sowie im After-Sales-Bereich und steuert die Implementierung der technischen ERP-Software bei Vertretern der Baubranche aller Segmente – vom mittelständischen Planungsbüro bis hin zu den Top-10-Bauunternehmen – der weltweiten Bauwirtschaft. Zu ihren Aufgaben gehören Beratung sowie Aus- und Fortbildung der Mitarbeiter mit den RIB-Softwaresystemen.

**Dipl.-Ing. (FH) Hanno Posch** studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Augsburg. Seit seinem Abschluss im Jahre 2001 arbeitet er für die SSF Ingenieure GmbH in München als Planer von Ingenieurbauwerken im In- und Ausland. Poschs Hauptaufgabengebiet ist die Ausführungsplanung und Objektplanung von Straßen- und Eisenbahnbrücken.

**Dr.-Ing. Rupert Reif** studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Produktionsmanagement und Systematische Produktentwicklung. Von 2004 bis 2009 arbeitete er am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik als wissenschaftlicher Assistent und promovierte 2009 zum Thema „Entwicklung und Evaluierung eines Augmented Reality unterstützten Kommissioniersystems“. Seit September 2009 ist er für die Safelog GmbH in München im Bereich Logistikplanung und Projektmanagement in leitender Position tätig.

**Dr.-Ing. Stefan Sanladerer**, Jahrgang 1977, ist Consultant bei der Siemens Software Industry GmbH und beschäftigt sich mit der Einführung des PDM-Systems Teamcenter sowie allen dafür erforderlichen Prozessrestrukturierungen und Prozessdesigns. Er promovierte im Jahr 2008 am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik zum Thema „IT-gestützte Optimierung von Transportprozessen auf Baustellen“ und war an der Konzeption des Forschungsverbundes ForBAU maßgeblich beteiligt. In der Zeit von 1996 bis 2003 studierte Sanladerer an der Technischen Universität München Maschinenwesen mit den Fachrichtungen Materialfluss & Logistik sowie Produktionsmanagement.

**Dipl.-Ing. Oliver Schneider** studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Fahrzeugtechnik und Logistik. Seit 2005 war er als wissenschaftliche Hilfskraft, seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Anwendung von RFID in der Logistik, im Speziellen auch in der Baulogistik.

**Dipl.-Ing. Markus Schorr** studierte Maschinenwesen an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und der Technischen Universität München. Seit 2007 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München tätig. Im Forschungsverbund ForBAU leitet Schorr das Teilprojekt BAUSIM. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Verwaltung von Bauprojektdateien.

**Dipl.-Ing. (FH) Wilhelm Schürkmann** studierte Bauingenieurwesen an der FH Münster. Seit 2008 ist Schürkmann als Senior Sales Consultant beim Microsoft Partner Modus Consult AG und seit 2009 auch bei der BVM GmbH zuständig für den Vertrieb der Bauvision-Lösung.

**Dipl.-Ing. Sabine Steinert** studierte Architektur an der Bauhaus-Universität in Weimar. Seit 2004 ist sie im Architekturbüro Faust Consult, der Tochtergesellschaft für Gesundheitsbau der Obermeyer Planen + Beraten, tätig. Seit 2008 betreut sie, beginnend als Projektleiterin, internationale Großprojekte im Bereich der Krankenhausplanung und wirkt hierbei federführend an der Implementierung der BIM-Idee im Unternehmen. Seit Juli 2010 ist sie als Design Director der Niederlassung in Abu Dhabi tätig.

**Dipl.-Ing. Dirk Steinhauer** studierte Maschinenbau an der Universität Hannover mit der Fachrichtung Produktionstechnik. Seit 1995 ist er bei der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG in der Stabsabteilung „Entwicklung Fertigungstechnologie“ beschäftigt. Dort hat er zunächst an unterschiedlichen Projekten in den Bereichen Qualitätsmanagement und Organisations- bzw. Fertigungsentwicklung gearbeitet. Seit 1997 führt Steinhauer die Aktivitäten zur Produktionssimulation und ist sowohl Leiter des Simulationsteams als auch Projektleiter zahlreicher, auch öffentlich geförderter Simulationsprojekte. Zusätzlich koordiniert er die internationale Kooperationsgemeinschaft SimCoMar (**S**imulation **C**ooperation in the **M**aritime Industries) aus Werften, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Seit 2003 hält Steinhauer im Rahmen eines Lehrauftrags die Vorlesung Schiffsfertigung an der Technischen Universität Berlin.

**Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Stockbauer** studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Regensburg und an der Technischen Universität Darmstadt. Von 1988 bis 2000 war er als Bauingenieur im technischen Büro der Firmengruppe KLEBL tätig. Im Anschluss fungierte Stockbauer bis 2003 als Geschäftsführer der KLEBL Bauleistik GmbH. Im März 2003 erfolgte die Berufung als Professor an die Fakultät Bauingenieurwesen der Hochschule Regensburg im Lehrgebiet Vermessungskunde und Verkehrswegebau.

**Dipl.-Ing. Bernhard Strackenbrock** studierte an der TFH Berlin Photogrammetrie und Vermessung und danach Archäologie an der FU Berlin. Noch während seiner Studienzeit an der FU Berlin begann er in der Abteilung Photogrammetrie am Deutschen Bergbaumuseum in Bochum mit dem Bau spezieller Messkameras für

den Nahbereich. In der Zeit von 1980 bis 1990 folgten zahlreiche archäologische Expeditionen zur photogrammetrischen Vermessung antiker Bauwerke in Europa, dem vorderem Orient und Afrika. Seit 1991 ist Strackenbrock für verschiedene Firmen freiberuflich im Bereich der Nahbereichsphotogrammetrie und Informatik tätig, woraus ab 2000 eine intensive Zusammenarbeit mit dem Institut für Robotik und Mechatronik des DLR erwachsen ist. Seit nunmehr acht Jahren ist er im Architekturbüro *illustrated architecture*, das auf die Planungsvorbereitung in der Denkmalpflege spezialisiert ist für die Bereiche Laserscanning und Photogrammetrie verantwortlich.

**Dipl.-Ing. Dieter Stumpf**, Jahrgang 1943, ist geschäftsführender Gesellschafter der SSF Ingenieure GmbH. Er studierte bis 1968 Bauingenieurwesen an der Technischen Universität München, war dann bis 1972 im Konstruktionsbüro einer Münchner Baufirma im Bereich des damals beginnenden U-Bahnbaus tätig. Seit 1972 ist er Geschäftsführer der SSF Ingenieure. Schwerpunkt von SSF ist der Verkehrsinfrastrukturbereich und der konstruktive Ingenieurbau. SSF hat inzwischen etwa 200 Ingenieure und ist weltweit tätig. Stumpf versuchte schon frühzeitig, bei SSF die gesamte Planung, sowohl die statischen Berechnungen als auch alle konstruktiven Aufgaben mit Hilfe von IT zu unterstützen. Dies erfolgte zuerst bei der zeichnerischen Planung in 2D, inzwischen entstehen jedoch auch die statischen Berechnungen ausschließlich am 3D-Modell.

**Dipl.-Ing. Alaeddin Suleiman** studierte Bauingenieurwesen an der Universität Aleppo in Syrien und an der Technischen Universität München und hat sich in den Bereichen Baubetrieb und Baukonstruktion vertieft. Seit 2008 arbeitet Suleiman am Zentrum Geotechnik als wissenschaftliche Hilfskraft und strebt die Promotion an, deren Thema die 3D Baugrundmodellierung und die Quantifizierung der Unsicherheit in Baugrundmodellen ist.

**Dipl.-Kfm. Sebastian Uhl** studierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Erlangen-Nürnberg. Er begann seine Tätigkeit bei der Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS im Jahr 2008 als wissenschaftliche Hilfskraft. Seit 2010 unterstützt er als freier Mitarbeiter die Fraunhofer SCS im Geschäftsfeld „Technologien“ in der Gruppe „Service Engineering“. Im Rahmen dieser Tätigkeit beschäftigt er sich schwerpunktmäßig mit der Optimierung von Anlieferprozessen in der Bauwirtschaft.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt**, Jahrgang 1953, studierte Bauingenieurwesen an den Universitäten in Braunschweig und Stuttgart und promovierte in Stuttgart über den Erdwiderstand bei zyklischen Verformungen, wozu er teilweise auch in Karlsruhe und Hannover arbeitete und neben Versuchen im Feld und Labor numerische Modelle einsetzte. Nach 18 Jahren als geotechnischer Berater und Geschäftsführer der Smolczyk & Partner GmbH und Mitwirkung an vielen herausfordernden Grundbauprojekten wurde er 2001 auf den Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau an der Technischen Universität München berufen.

Sein spezielles Interesse betrifft die Baugrund-Bauwerks-Interaktion sowie Verfahren des Spezialtiefbaus. Vogt arbeitet als deutscher Delegierter im Scientific Committee 7 am EC 7 und an der internationalen Normung im Grundbau mit.

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jörg Weidner** studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Erlangen-Nürnberg. Seit 2009 unterstützt er als wissenschaftlicher Mitarbeiter die Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS. Weidner arbeitet dort im Geschäftsfeld „Technologien“ in der Gruppe „Service Engineering“. Im Rahmen dieser Tätigkeit entwickelt er innovative Lösungen für spezialisierte logistische Prozesse. Weidners derzeitige Schwerpunkte sind Anlieferprozesse im Umfeld der Bauwirtschaft und logistische Prozesse entlang der Lebensmittel Supply Chain.

**Dr.-Ing. Uwe Willberg** hat nach seinem Studium des Bauingenieurwesens an der TU München von 1984 bis 1986 die Ausbildung für den höheren bautechnischen Verwaltungsdienst in Bayern absolviert. Von 1986 bis 1998 war er als Referent für den Brückeneubau bei der Autobahndirektion Nordbayern beschäftigt. Von 1998 bis 2001 arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Bau von Landverkehrswegen der TU München bei Prof. Leykauf und promovierte dort 2001. Von 2001 bis 2003 war er erneut bei der ABD Nordbayern als Sachgebietsleiter für Brückenplanung und Bauwerksunterhaltung tätig. Seit September 2003 ist Willberg Abteilungsleiter für den Brücken- und Ingenieurbau bei der ABD Südbayern.

**Dipl.-Ing. Johannes Wimmer** studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München und der Université Laval in Québec, Kanada mit den Schwerpunkten Logistik und Systematische Produktentwicklung. Von 2005 bis 2008 war er wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, seit 2008 ist er am gleichen Lehrstuhl als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Wimmers Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Baulogistik und der Ablaufsimulation.

# Abkürzungsverzeichnis

2D-Plan	Zweidimensionaler Plan
3D-CAD-Tool	Rechnergestütztes System zur Erstellung von virtuellen, dreidimensionalen Modellen
3D-Modell	Dreidimensionales Modell
3D-Visualisierung	Dreidimensionale Visualisierung
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AEC CAD	Architecture Engineering and Construction Computer Aided Design
AR	Augmented Reality
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASP	Application Service Provider
ASPRS	American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
AT	Aerotriangulation
AutoID	Automatische Identifikation
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BIM	Building Information Model(ing)
BLM	Building Lifecycle Management
BWS	Baustellenwirtschaftssystem
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CCD	Charged-coupled Device
CDS	Car Driven Survey
CPI	Construction Process Integration
CSM	Cutter-Soil-Mixing
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLR	Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum
DMS	Dokumentenmanagement-System
DOE	diffraktive optische Elemente

DSNU	Dark Signal Non Uniformity
DWG	Dateiformat für Zeichnungsdateien der Fa. Autodesk
dxf	Drawing Interchange Format der Fa. Autodesk
EAN	European Article Number
ECAD	Electronic CAD
ECM	Enterprise Content Management
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EIS	Equipment Information System
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ERP	Enterprise Ressource Planning
EUS	Entscheidungsunterstützungssystem
FM	Facility Management
FT-PlaBa	Fertigteile-Plattenbalken
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
GeneSim	Generisches Daten- und Modellmanagement für die schiffbauliche Produktionssimulation
GIS	Geoinformationssystem
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical User Interface
HF	High Frequency
IAI	Internationale Allianz für Interoperabilität
IC	Integrated Circuits
ID	Identifier
IFC	Industry Foundation Classes
INS	Inertial Navigation System
ISO 9000	Norm für Qualitätsmanagement
IT	Informationstechnologie
IuK	Information und Kommunikation
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
JT	Jupiter Tessellation, offenes 3D-Datenformat
KMU	Kleinere und mittlere Unternehmen
KPI	Key Performance Indicators
K-TLS	kinematisch terrestresches Laserscanning
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LANDXML	Dateiformat zum Austausch georeferenzierter Objekte
LF	Low Frequency
LIDAR	Light Detection and Ranging
lmi	leistungsmengeninduziert
lmn	leistungsmengenneutral
LMS	Lebensdauermanagement-System
LV	Leistungsverzeichnis

mBDE	mobile Baudatenerfassung
MCAD	Mechanical Computer Aided Design
ME	Mengeneinheit
MLM	Mobile Lifecycle Manager
MRP	Material Requirement Planning
NBIMS	National BIM Standard
NFC	Near Field Communication
NIST	US-amerikanisches Institut für Standards und Technologie
NLfB	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
NURBS	Non-uniform rational B-splines
OCR	Optical Character Recognition
OKSTRA	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
PDA	Personal Digital Assistant
PDM	Produktdatenmanagement
PGM	Portable GrayMap
PIN	persönliche Identifikationsnummer
PKMS	Projekt-Kommunikations-Management-System
PKW	Personenkraftwagen
PLM	Product Lifecycle Management
PPM	Portable PixMap
PPP	Public Private Partnership
PRNU	Photo Response Non Uniformity
RADAR	Radio Detection and Ranging
RAS	Richtlinien für die Anlage von Straßen
RAS-Ew	Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung
RAS-L	Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Linienführung
RAS-Q	Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Querschnitt
REB	Regelungen für die elektronische Bauabrechnung
RFID	Radio Frequency Identification
RGB	Farben rot, grün und blau
RO	Read Only
ROI	Return On Investment
Ro-Ro-Schiffe	Roll on Roll off Schiffe
RW	Read Write
SAPP	Simulationsbasierte Produktionsplanung und -steuerung
SCEM	Supply Chain Event Management
SCM	Supply Chain Management
SEP	Schicht-Erfassungs-Programm
SimCoMar	Simulation Cooperation in the Maritime Industries
SIMoFIT	Simulation of Outfitting Processes in Shipbuilding and Civil Engineering
SLA	Service Level Agreements
SMM7	British Standard Method of Measurement for Building Works
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
STS	Simulation Toolkit Shipbuilding
StVO	Straßenverkehrsordnung

TEP	Turmdrehkran Einsatzplaner
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TIF	Tagged Image File
TLS	Terrestrisches Laserscanning
TUL	Transportieren, Umschlagen, Lagern
UHF	Ultra High Frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
VAE	Vereinigte Arabische Emirate
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
Voxel	Volumetric Pixel
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VRT	Virtual Raster
WORM	Write Once Read Many
XML	Extensible Markup Language
XREF	externe Referenz; wird bei CAD-Systemen dazu verwendet, verschiedene Teilmodelle zu einem Gesamtmodell zu verknüpfen

# Kapitel 1

## Bauen heute und morgen

**Tobias Baumgärtel, André Borrmann, Willibald A. Günthner, Rudolf Juli, Cornelia Klaubert, Erhard Lederhofer, Jürgen Mack und Uwe Willberg**

Seit fast 2 Mio. Jahren baut die Menschheit und ihre Vorfahren. Von dem Zeitpunkt an, als der Mensch vor ca. 10.000 Jahren sesshaft geworden ist, strebte er stetig nach einer Verbesserung seiner Baukünste. Fortschritte wurden vor allem bei den verwendeten Baustoffen und Bauverfahren erzielt, so dass es möglich wurde, immer kompliziertere Bauwerke zu erschaffen (Partsch 1999).

Je größer die Bauwerke wurden, desto größer wurden auch die zu bewegenden Massen. Schon seit dem Mittelalter nutzt und entwickelt der Mensch Maschinen, um diese zu bewegen. Die Entwicklung der Dampfmaschine ermöglichte ein neues Antriebskonzept, so dass Mitte des 19. Jahrhunderts der erste Bagger entwickelt wurde (Deutsches Baumaschinen Museum 2010).

Als in den 1980er Jahren Computer zunehmend erschwinglich wurden, zog die Informationstechnik in die Bauindustrie ein. Computer Aided Design (CAD)-Programme ersetzen Reißbretter und initiierten damit eine große Veränderung in breiten Teilen der Industrie. Der Impuls hierzu kam maßgeblich aus der Luftfahrtindustrie, bald wurden aber auch traditionellere Industriezweige wie der Maschinenbau und das Bauwesen erfasst (CAD-IT 2010). Wesentlicher Antrieb und Grund für den Erfolg der Computereinführung ist die Steigerung der Effizienz in den verschiedensten Arbeitsabläufen. Dies beginnt bei vereinfachter Kommunikation via E-Mail, bei der umfangreiche Textdokumente, aber auch Zeichnungen und digitale Modelle in Sekundenbruchteilen an den Adressaten übermittelt werden können, reicht weiter über das präzise Erstellen von Konstruktionszeichnungen mittels CAD-Programmen und geht bis hin zur Simulation komplexer physikalischer Vorgänge, wie der Rauchausbreitung in einem Gebäude im Brandfall oder dem Crash-Verhalten eines Fahrzeugs.

So, wie die Einführung von CAD-Systemen ein Evolutionsschritt für die Planung war, war es die Verfügbarkeit von Mobiltelefon für die Bauausführung in den 1990er Jahren. Die mobile Kommunikation machte viele Wege überflüssig, da

---

W. A. Günthner (✉)

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München,  
Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland  
E-Mail: guenthner@fml.mw.tum.de

Informationen nun direkt und persönlich übermittelt werden konnten, und veränderte die Arbeit auf der Baustelle damit drastisch.

Doch trotz aller Innovationen kämpft die Bauindustrie immer noch mit den gleichen Problemen wie in der Vergangenheit: Verspätungen bei der Fertigstellung, Kostenüberschreitungen, mangelnde Abstimmung zwischen den Partnern und unzureichende Qualität. Hinzu kommt eine Reihe neuer Anforderungen, die auch über die reine Herstellung hinaus einen Bezug zum Bauwerk bzw. seinem Nutzen haben: Nachhaltigkeit, Energieeffizienz oder Lebenszyklusbetrachtungen.

Um die alten Probleme zu lösen bzw. neue Anforderungen erfüllen zu können, reicht es daher nicht mehr, nur die Bautechniken, die Baumaschinen oder die Baustoffe zu verbessern – der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Optimierung der Bauprozesse.

Im interdisziplinären Forschungsverbund ForBAU haben sich Experten aus dem Bau- und Maschinenbauwesen sowie der Betriebswirtschaft zusammengefunden, um gemeinsam der Frage nachzugehen, wie unter den schwierigen Randbedingungen der Bauindustrie digitale Methoden und Werkzeuge so eingesetzt werden können, dass Effizienz- und Qualitätssteigerungen sowohl in der Planung als auch in der Ausführung erreicht werden können. Exemplarisch konzentrierte sich der Forschungsverbund auf die Planung und Ausführung von Infrastrukturprojekten, also Verkehrsstrassen und im Trassenverlauf integrierte Brückenbauwerke. Die Forscher folgten dabei der Vision der Digitalen Baustelle, einem virtuellen Abbild der realen Baustelle im Computer, das neben dem zu errichtenden Bauwerk vor allem auch Informationen zu den verschiedensten Prozessen der Bauausführung und der Logistik beinhaltet.

Die nachfolgenden Abschnitte geben einen Einblick in die Problemstellungen heutiger Baumaßnahmen im Bereich des Infrastrukturbaus aus Sicht der Beteiligten d. h. den öffentlichen Auftraggebern, den Planern und Bauunternehmen. Gleichzeitig entwirft es eine Vision, wie Bauen im 21. Jahrhundert weiterentwickelt werden kann, indem Technologien aus verwandten Branchen auf die besonderen Gegebenheiten der Baubranche adaptiert und Optimierungsansätze speziell für das Bauwesen weiterentwickelt werden.

## 1.1 Die Digitale Baustelle und ihre Herausforderungen

André Bormann, Willibald A. Günthner

Die Digitale Baustelle ist ein virtuelles Abbild der realen Baustelle. Sie beinhaltet hochwertige 3D-Planungsdaten und ermöglicht, den Bauablauf zunächst detailliert zu planen, virtuell zu testen und später das tatsächliche Baugeschehen zu überwachen. Zur Digitalen Baustelle gehören verschiedene Teilaspekte, die im Folgenden näher betrachtet werden. Zu jedem dieser Aspekte wird zum Vergleich ein Blick auf den Status quo in der Maschinenbau-Industrie geworfen, in der das Prinzip der Digitalen Fabrik bereits Einzug in die Produktentwicklung und -fertigung gehalten hat.

### **Dreidimensionale Modellierung**

Über Jahrhunderte hinweg wurden sowohl Bauwerke als auch Maschinen mit Hilfe von zweidimensionalen Plänen entworfen, die am Reißbrett entstanden. Mit der

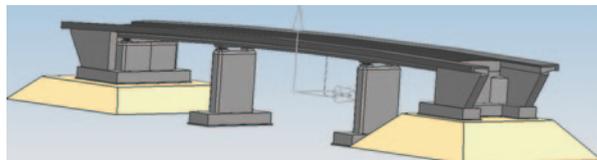
Verfügbarkeit der ersten CAD-Programme zu Beginn der 1980er Jahre wurden zunehmend Computer eingesetzt, um diese 2D-Pläne digital zu erstellen. Zwar konnte damit Effizienz und Präzision bei der Erstellung von Konstruktionszeichnungen erhöht werden, große Teile des Potentials der Nutzung von Computern für die Planung bleiben jedoch ungenutzt (Weisberg 2008). So können beispielsweise bei einem reinen 2D-Ansatz Unstimmigkeiten zwischen Grundrissen und Schnitten weder erkannt noch verhindert werden, sondern müssen nach wie vor manuell beseitigt werden.

Schnell etablierte sich daher die Vision einer digitalen, dreidimensionalen Modellierung von Produkten und Bauwerken. Immer leistungsfähigere Hardware und Fortschritte bei der Software-Entwicklung führten schließlich zur Einführung von 3D-CAD-Programmen. Im Maschinenwesen setzten sich diese Systeme schnell durch, so dass heute der Großteil der Maschinenbau-Produkte in 3D konstruiert wird. Eine wesentliche Antriebsfeder ist dabei, dass diese Modelle zur Steuerung von Fertigungsmaschinen direkt übergeben werden können (CAD-CAM<sup>1</sup>-Anbindung).

Moderne CAD-Systeme für den Maschinenbau-Sektor sind äußerst leistungsfähige Werkzeuge für den 3D-Entwurf. So unterstützen sie in der Regel das parametrische Modellieren, bei dem der Nutzer in die Lage versetzt wird, Abhängigkeiten zwischen Abmessungen und Geometrien zu definieren und so ein „lebendiges Modell“ zu schaffen, das bei notwendigen Änderungen schnell und komfortabel angepasst werden kann. Daneben gehört die Arbeit mit Freiformflächen im Maschinenbau zum Standard und wird von allen gängigen CAD-Systemen unterstützt.

Im Bauwesen wird heute noch hauptsächlich ebenflächig entworfen. Lediglich bei einzelnen Leuchtturmprojekten, wie beispielsweise dem Guggenheim-Museum in Bilbao (Architekt: Frank Gehry) wurden Freiformflächen in größerem Maße eingesetzt. Mittlerweile sind „organische Formen“ jedoch ein Trend und aus der modernen Architektur nicht mehr wegzudenken. Während Gehry noch ein Maschinenbau-CAD-System einsetzen musste, um mit Freiformflächen modellieren zu können, sind mittlerweile eine Reihe leistungsfähiger 3D-CAD-Systeme speziell für das Bauwesen verfügbar (Abb. 1.1). Auf Details hierzu wird in Kap. 2 dieses Buchs eingegangen.

Die endgültige Etablierung der 3D-Modellierung im Bauwesen wird u. a. dadurch behindert, dass nach wie vor 2D-Pläne zwischen den verschiedenen an Planung und Ausführung Beteiligten ausgetauscht werden müssen. Dies liegt zum einen an der nötigen Rechtsverbindlichkeit, die mit papiernen Dokumenten deutlich



**Abb. 1.1** Digitales 3D-Modell einer Brücke

<sup>1</sup> Computer Aided Manufacturing.

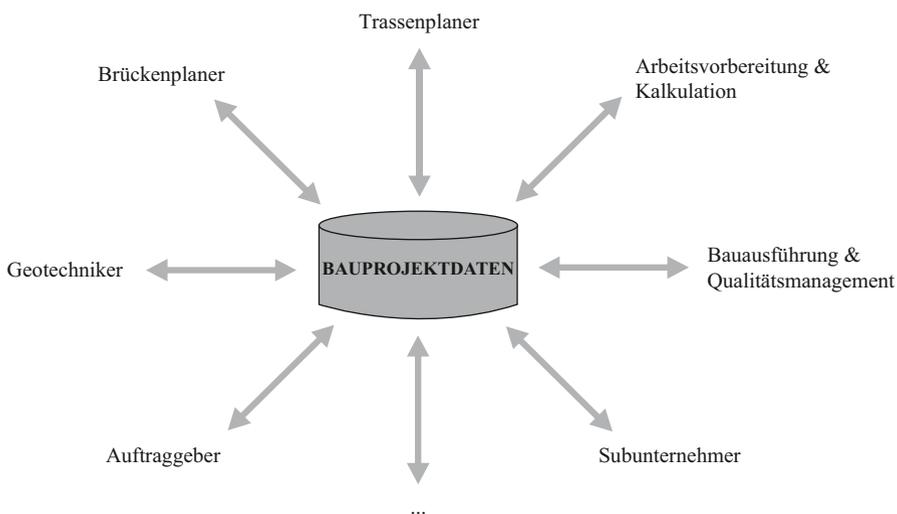
einfacher herzustellen ist als mit digitalen Modellen, und zum anderen daran, dass die Arbeitskräfte auf der Baustelle einen robusten und faltbaren Plan für die Ausführung benötigen.

Der Schlüssel zu einer praxistauglichen Lösung liegt daher in der Ableitbarkeit von normgerechten Plänen auf Basis eines vollständigen, integrierten 3D-Modells des gesamten Bauvorhabens. Auf diesen Kern der Digitalen Baustelle wird im Abschnitt 2.3 näher eingegangen.

### Zentrale Datenverwaltung

Bereits heute wird die Kommunikation in der Planungsphase zu großen Teilen digital unterstützt. In aller Regel werden beispielsweise Baupläne zwischen den Beteiligten per E-Mail ausgetauscht. Ohne strikte Disziplin aller Projektpartner entsteht dabei jedoch schnell Chaos: Ein typisches Beispiel sind redundante Datensätze mit unterschiedlichen Bearbeitungsständen, die auf verschiedenen Rechnern der Arbeitsgruppe gespeichert sind. Die Weiterarbeit an einem veralteten Stand führt dann zu Fehlern, die häufig spät erkannt und nur unter beträchtlichem Aufwand zu beheben sind. Wesentliche Grundlage für die sinnvolle Nutzung der großen Menge an digitalen Informationen, die eine Digitale Baustelle umfasst, ist daher ein geeignetes Datenmanagement (Abb. 1.2). Im Maschinen- und Anlagenbau werden für diese Aufgabe sogenannte Produktdatenmanagementsysteme, kurz PDM-Systeme, eingesetzt. Diese ermöglichen eine strukturierte Verwaltung aller Informationen über ein Produkt von der frühen Planungsphase bis zum Ende des Lebenszyklus. Kap. 3 stellt hierzu verschiedene Lösungsansätze vor.

Eine große Herausforderung für die tatsächliche Umsetzung einer zentralen Datenhaltung in der Bauindustrie besteht neben dem Bereitstellen der entsprechenden Technologie vor allem auch in der Schaffung sinnvoller organisatorischer



**Abb. 1.2** Zentrale Datenverwaltung

Rahmenbedingungen. Eine offene Frage ist beispielsweise, wer als Besitzer bzw. Verwalter eines solchen Datenmanagement-System fungiert: Das Planungsbüro, die ausführende Firma, der Bauherr oder ein dezidiertes Datenmanagement-Dienstleister? Alternativ kann auch eine ganze Reihe einzelner Datenmanagement-Systeme betrieben werden, die nur partiell untereinander kommunizieren. Eine Frage, auf die in Zukunft eine Antwort gefunden werden muss. Eng verbunden mit der Frage der Datenhaltung ist der Umstand, dass momentan eine vollständige Transparenz von keinem der an der Planung und Ausführung Beteiligten gewünscht wird. Ein Grund hierfür liegt in der derzeit geübten Praxis des Nachtragsmanagements, das wesentlich auf dem Zurückhalten von Informationen beruht. Eine zentrale Verwaltung der Bauprojektdateien erschwert derartige Praktiken und wird daher nicht bei allen Beteiligten auf Zuspruch stoßen – ganzheitlich betrachtet ebnet dieses Vorgehen jedoch einen Weg zu mehr Fairness und partnerschaftlicher Zusammenarbeit.

### **Prozesssimulation**

Bei der Planung von Produktionsstätten im Maschinenwesen werden heute digitale Werkzeuge zur Prozesssimulation eingesetzt. Damit können unter dem Stichwort der „Virtuellen Inbetriebnahme“ Engpässe im Prozessablauf sowie gegebenenfalls bestehende Überkapazitäten bereits vorab erkannt und behoben werden. Durch die detaillierte Modellierung einzelner Prozessschritte und deren logische Verknüpfung untereinander kann zudem eine Optimierung des Gesamtsystems erreicht werden.

Auch zur Betrachtung von Abläufen auf einer Baustelle ist der Einsatz von digitalen Prozesssimulationen wünschenswert. Ein wesentlicher Unterschied ist jedoch, dass die stationäre Industrie mit einem festgelegten Produktionslayout mehrere 1.000 bis 100.000 Exemplare eines Produkts herstellt, während eine Baustelle in der Regel nur zur Produktion genau eines „Stücks“ eingerichtet wird (Unikatfertigung). Das bedeutet, dass der Aufwand zur Erstellung einer Simulation viel stärker mit einem möglichen Produktivitätsgewinn abgewogen werden muss. Abhilfe kann hier eine Bausteinbibliothek mit Modulen schaffen, die schnell und flexibel miteinander verknüpft werden können.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass Bauprozesse hinsichtlich ihrer zeitlichen Reihenfolge viel flexibler gestaltet sein müssen als Prozesse der stationären Industrie. Während beispielsweise in der Fahrzeugindustrie viele Arbeitsschritte am Fließband durchgeführt werden und damit streng getaktet sind, entscheiden Arbeiter am Bau in einem bestimmten Rahmen weitgehend spontan, welche der anstehenden Arbeitsschritte als nächstes ausgeführt werden. Um dies in einem Simulationstool abzubilden, wurde im ForBAU-Projekt ein Constraint-basiertes Verfahren eingesetzt, das die Reihenfolge von Arbeitsschritten nicht streng vorgibt, sondern dynamisch unter Verwendung stochastischer Verfahren auswählt (Abb. 1.3). Auf diesen Bereich der Digitalen Baustelle wird in Kap. 4 eingegangen.

### **Logistik**

Die pünktliche Lieferung von Materialien und Bauteilen sowie deren sinnvolle Lagerung sind wesentliche Voraussetzungen für das reibungslose Funktionieren