

# Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien

Von Prof.  
Hans-Joachim  
Bargstädt,  
Dipl.-Ing. Arch.  
Arno Blickling,  
Dipl.-Ing. Thilo  
Kath

**Der Einsatz von CAD-Applikationen hat die Planungsarbeit im Bauwesen entscheidend verändert. In der Entwurfsplanung sind die Änderungen bereits deutlich erkennbar. Seit der Anwendung von dreidimensionalen Planungswerkzeugen kann der Bauherr das Bauwerk in seiner virtuellen Gesamtheit am Computer betrachten und bewerten. Dies bietet viele Vorteile. So ist der Planer gezwungen alle wesentlichen Details a priori exakt zu planen, wodurch viele Fehler vermieden werden können.**

„Als Baustelleneinrichtung (BE) bezeichnet man die Gesamtheit der zur Herstellung eines Bauwerks erforderlichen, zeitlich begrenzten Produktions- beziehungsweise Arbeitsstätten mit den meist provisorischen, zum Teil witterungsgeschützt beziehungsweise winterfest zu gestaltenden produktionstechnischen und sozialen Ausrüstungen unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Verteilung und Zuordnung aller Teilelemente des Baugeländes“ [12]. Sie bildet die Voraussetzung für einen reibungslosen und wirtschaftlichen Bauablauf und spiegelt das technische Niveau der jeweiligen Bauproduktion wieder. Durch sie wird der Arbeitsaufwand der Teilprozesse und somit die Gesamtdauer des Bauobjektes wesentlich beeinflusst. Sie umfasst die Bereitstellung und den Aufbau aller für eine Bauausführung benötigten Einrichtungsteile sowie deren genaue räumliche und zeitliche Zuordnung auf der Baustelle.

Die Baustelleneinrichtungsplanung ist Bestandteil der Arbeitsvorbereitung und besteht aus der Ermittlung der notwendigen Einrichtungsteile für die Bauausführung, um den Produktionsfluss optimal zu gestalten. Da-

bei müssen neben planungstechnischen Vorschriften vielfältige Einfluss- und Störgrößen berücksichtigt werden. Aber auch betriebswirtschaftliche Belange besitzen große Bedeutung.

## EINFLUSS- UND STÖRGRÖSSEN

Im Ergebnis müssen durch den Arbeitsvorbereiter unterschiedliche Aspekte gegeneinander abgewogen werden, wobei die Analyse der räumlichen und kausalen Zusammenhänge für den reibungslosen Bauablauf eine besondere Rolle einnimmt [13]. Ziel der Baustelleneinrichtung ist es, die Betriebsmittel mit kurzen Vorlaufzeiten und einer hohen Auslastung auf der Baustelle einzusetzen. Entgegen den gestellten Anforderungen können trotz optimaler Vorplanung infolge technischer und lokaler Zwangssituationen häufig keine Idealzustände erzielt werden.

Die Ergebnisse der BE-Planung werden in einem Plan dargestellt. In der Literatur [1] wird zwischen Makro- und Mikroplanung unterschieden, wobei sich die Pläne durch den Genauigkeitsgrad voneinander unterscheiden. Das Erstellen der Makro- oder Mikroplanung unterscheidet sich

für CAD-Anwendungen nur geringfügig, da in einem CAD-Programm die Skalierung (Zuweisung des Zeichnungsmaßstabes) nicht beim Zeichnen, sondern erst bei der Definition des Ausgabeformates erfolgt. Die Mikroplanung betrifft hauptsächlich die Einrichtungsgegenstände und ihre räumliche Zuordnung. Dabei erfolgt die räumliche Zuordnung üblicherweise in zwei voneinander getrennten, zweidimensionalen, zeichnerischen Darstellungen als Draufsicht und Schnitt zu den betrachteten Objekten.

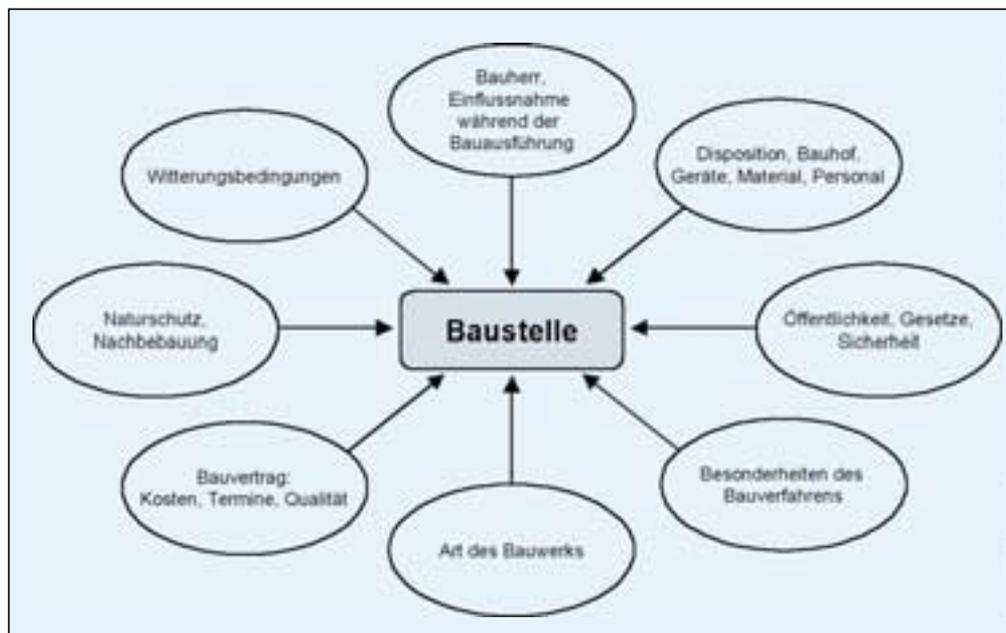
## CAD-ELEMENTE DER VIRTUELLEN BAUSTELLENEINRICHTUNG

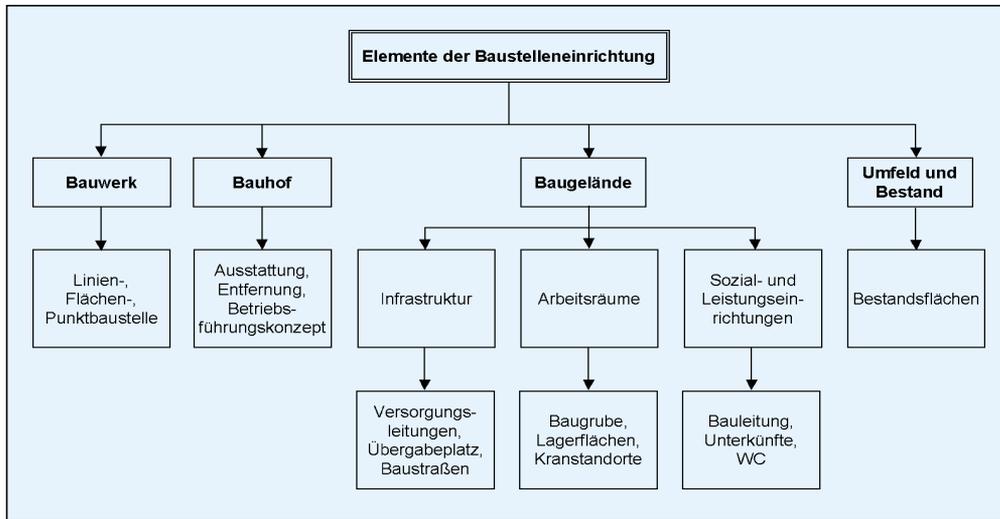
Will man die Planung der Baustelleneinrichtung mit Hilfe einer Software simulieren (realisieren), müssen alle wesentlichen Informationen der realen Baustelle virtuell im Computer abgebildet werden. Dabei sollten standardisierte Symbole nach REFA [11] Anwendung finden.

## Der Kraneinsatzplan

Das bedeutendste Transportmittel auf der Baustelle eines Hoch- und Industriebaus sind die Hebezeuge [2], insbesondere der Baukran. Für die Baustelleneinrichtung kommen in erster Linie Turmdreh- und Fahrzeugkrane in Betracht. Ein optimierter Transport der Baustoffe wird durch die richtige Wahl der Lastaufnahmemittel [3] erreicht. Die Auswahl des Krantyps und der Krangröße geschieht in der Praxis anhand der maximal erforderlichen Hubleistung (angegeben in Tonnen, t) und den Aufstellmöglichkeiten der Krane. In der Literatur schlägt Drees [4] Formeln zur Berechnung der Kranparameter vor. Dabei wird, abgeleitet aus dem Transportvolumen über so genannte Kranparameter (Transportleistung pro Zeit), die Anzahl der Krane bestimmt. Andere Berechnungsverfahren [5] beziehen sich im Wesentlichen auf empirische Erfahrungen von Baustellen als Eingangsgröße zur Bestimmung der Krananzahl. Neben dieser numerischen Berechnung finden auch Nominogramme [12] zur Dimensionierung von Kranen Anwendung. Aber sowohl die Berechnungsverfahren als auch die graphische Lösung können nur bedingt die sich ständig verändernden Arbeitsbedingungen des Kraneinsatz-

## Einfluss- und Störgrößen einer Baustelleneinrichtungsplanung





### CAD-Elemente der Baustelleneinrichtung

zes auf der Baustelle erfassen und finden in der Praxis daher kaum Anwendung. Der Aufwand, alle Zustandssituationen zu berechnen, stünde in keinem Verhältnis zur erzielbaren Optimierung.

Neben der Ermittlung der Kranparameter ist die quasi strategische Positionierung der Krane auf der Baustelle das wesentliche Kriterium für die Kranplanung. Bei der räumlichen Zuordnung sind dann Mindestabstände zu Gebäuden, Kriterien für den Fahrbereich und die Höhenentwicklung des Krans sowie Standortbedingungen im Bauraum zu berücksichtigen. Zur Vermeidung von Unfällen müssen Sicherheitsabstände festgelegt werden [14,15,16].

In vielen Bauunternehmen wird der überwiegende Bedarf an Baukranen mit firmeneigenen Geräten abgedeckt, sodass der Unternehmer bemüht ist, vorwiegend diese einzusetzen. Daher ist auch aus gesamtbetriebswirtschaftlicher Sicht eine genaue Planung des Einsatzes aller Krane erforderlich. Dies schließt den Ausblick auf geplante zukünftige Einsätze mit ein. Für den Einsatz der

Krane werden üblicherweise folgende Einsatzzustände definiert: Kran im Einsatz auf der Baustelle, Kran frei auf der Baustelle, Kran frei auf dem Bauhof, geplanter Kraneinsatz. Der Kraneinsatz wird in einem Kraneinsatzplan in der Regel als Balkendiagramm dargestellt.

### EINSATZ- UND ERWEITERUNGSMÖGLICHKEITEN VON CAD-ANWENDUNGEN

In der Baupraxis stellt sich die Planungssituation aus zwei unterschiedlichen Perspektiven dar. Während in der Entwurfsplanung vermehrt räumliche Planungswerkzeuge eingesetzt werden, finden in der Ausführungsplanung vorrangig 2-D-Technologien Verwendung, die in Form von Papierplots der Baustelle zugänglich gemacht werden. Das konnte in einer Untersuchung von Gräser [6] festgestellt werden. Diese zeigt auch, dass sich die Anwendung von CAD-Systemen als Standard in der Bauindustrie durchgesetzt hat.

Vorteile der EDV für die Erstellung von Plänen sind die einfache Reprodu-

zierbarkeit, schnelle Änderungsmöglichkeiten sowie eine vereinfachte Diskussion von Alternativen. Auch können sie schnell und über große Entfernungen über Plotter (Großformatdrucker) ausgegeben werden. Das wirkt sich positiv auf den Arbeitsablauf der Planung und Arbeitsvorbereitung aus. Bisher werden überwiegend 2-D-Planungswerkzeuge eingesetzt. Gerade in diesem Bereich bietet aber der konsequente Einsatz einer räumlichen Planung viele bisher ungenutzte Vorteile.

### ARBEITSVORBEREITUNG

Die CAD-basierte Planung der Arbeitsvorbereitung des einbezogenen Bauunternehmens erfolgte bisher auf

Basis des Programms AutoCAD Version 2002 (Rev. 16) der Firma Autodesk Inc. Dabei hatte die Planung der Baustelleneinrichtung folgenden Ablauf: Die Baustelle wurde mit Hilfe von Linien, Flächen, Schraffuren als 2-D-Plan im CAD erzeugt. Anschließend entwarf der Arbeitsvorbereiter ein Konzept für die Verfahrenstechnologie und die technischen Anforderungen an die Baustelleneinrichtung. Dann wurden die erforderlichen Flächen, Grenzen, Leitungen usw. sowie die BE-Elemente wie Krane in den Plan eingezeichnet. Durch die Verwendung von vordefinierten Zeichnungsobjekten konnte die Planungsarbeit vereinfacht werden.

Im Zusammenhang mit der zweidimensionalen Planung ergeben sich zwei mögliche Fehlerquellen. Mit der Verwendung von 2-D CAD-Elementen bestehend aus Vektoren und Flächen wird nur ein Teil des Einrichtungsgegenstandes dargestellt. Somit muss der Planer kritische Punkte von vornherein kennen, um sie zeichnerisch darzustellen. Eine weitere Fehlermöglichkeit liegt in der Inkonsistenz von Draufsicht und Schnitt, da beide voneinander unabhängig erstellt werden. Mit dem Ziel eine räumliche Planung von Baustelleneinrichtungen zu ermöglichen, hat man auf dem Markt befindliche Programmerweiterungen auf ihre Einsatzmöglichkeiten untersucht. Dabei sollte eine Anbindung an das CAD-System der Fa. Autodesk als Basismodul möglich bleiben. Am Markt fand sich nur eine Programmerweiterung für AutoCAD zur Erstellung von Baustelleneinrichtungsplänen, mit der diese Aufgabe realisiert werden kann. Das Programm wird von der Pit-Cup GmbH entwickelt und vertrieben. Für die hier vorgestellten Untersuchungen stand die Version 5.2 zur Verfügung [10].

## **Hoেকে** KOMPETENZ IM MOTOREN- UND SERVICE-BEREICH

- Instandsetzung von Motoren aller Fabrikate
- Tauschmotoren, Tauschzylinderköpfe
- Service und Wartung aller Stromaggregate und BHKW
- Ersatzteilvertrieb, Motorenteile
- Turbolader-Vertrieb von KKK-IHI-GARRETT-HOLSET SCHWITZER-MITSUBISHI

**Eberhard Hoeckle GmbH**

Karl-Jaggy-Str. 44 · 72116 Mössingen · Tel. 07473/373-0 · Fax 07473/25509 · e-mail: info@hoeckle.de · Internet: www.hoeckle.de



**SisuDiesel SCANIA**

Werksvertretung von

**Perkins**



**Motorenteile**

**nur vom Fachmann!**

Bei der Anwendung des Programms ergeben sich Restriktionen bei den Formen für Aushubgeometrien. So können Baugruben nur mit einem rechteckigen Grundriss, ohne Berme oder Ähnliches, dargestellt werden. Auch sind einige Funktionen, insbesondere die Kranfunktionen, für den Anwender nicht immer verständlich beschrieben.

Weder die derzeitige AutoCAD-Version noch die Programmiererweiterung Pit-Cup erfüllen die modernen Anforderungen einer einfachen und zielsicheren Baustelleneinrichtungsplanung. Besonders die Forderung nach räumlicher und kausaler Zuordnung, wozu auch das Prozessverhalten der Einrichtungsgegenstände zählt, wird nicht ausreichend erfüllt. Ein effizienter Einsatz der Planungswerkzeuge ist infolge der zusätzlichen manuellen Arbeit und der beschränkten Funktionalität nur bedingt gegeben.

**PROGRAMMENTWICKLUNG IN DER UMGEBUNG VON AUTOCAD**

Als verbesserungsfähig für die dreidimensionale Planung von Baustellen lassen sich zwei Komplexe, die mit einem erhöhten Planungsaufwand eines räumlichen Baustelleneinsatzplans verbunden sind, benennen. Diese sind das Zeichnen von Baugruben mit allen Details wie Baustraßen, Böschungen, Bermen etc. und das Einfügen von Baugeräten, insbesondere von Kranen mit realen Maßen und der Darstellung ihrer Bewegungsabläufe. Da das Zeichnen der dreidimensionalen Objekte sehr zeitaufwändig ist, wird eine Möglichkeit vorgestellt, die Arbeitsabläufe zu automatisieren. Am Beispiel eines Kraneinsatzplaners werden Optimierungsmöglichkeiten für die Planung von Baustelleneinrichtungen aufgezeigt.

Neben der Befehlszeile und den Menüs bietet AutoCAD Befehlskript-Funktionen und benutzerdefinierbare Schnittstellen (APIs), mit denen die Funktionalitäten des AutoCAD beliebig erweitert werden können. Folgende Programmierschnittstellen sind innerhalb von AutoCAD verfügbar: ActiveX Automation, VBA (Visual Basic for Applications), AutoLISP, Visual LISP, ObjectARX und DIESEL.

Die einzelnen Schnittstellen wurden auf ihre Einsatzmöglichkeiten untersucht. Dabei hat sich Visual Basic for Applications als geeignete Entwicklungsumgebung erwiesen. Die Objekte einer Zeichnung (Vektoren, Schraffuren usw.) können über das VBA-Objektmodell direkt angesprochen werden. Eine programmübergreifende Kommunikation innerhalb des Betriebssystems ist über die Verwendung der ActiveX Funktionalitäten möglich. Zusätzlich kann das Programm in Verbindung mit AutoCAD um weitere Funktionen beliebig erweitert werden. Die Umsetzung des Kraneinsatzplaners erfolgt mit Hil-

**0. Planungsaufgabe Kraneinsatzplan:**

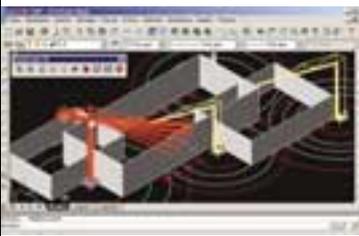
→ Definieren der Krananforderung durch den Arbeitsvorbereiter unter Beachtung operativer und strategischer Planungsziele → Beginn Planungsphase CAD → Start des Programms „EasyCrane TK“

- 1. Technische Kranauswahl möglicher Krantypen mit Hilfe der Krantatenbank
- 2. Einfügen des gewählten Krans mit „EasyCrane TK“, Modul „Kran Import“

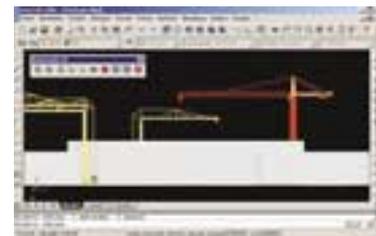


Rücksprung zu 1. Auswahl und Einfügen weiterer Krane möglich

- 3. Erkennen kritischer Krankonstellationen zwischen Kranen und Umgebung, Modul „Krananimation“



- 4. Überprüfung der kritischen Auslegungstellung zweier Krane, Modul „Krankontrolle“



- 5. Optimierung der Kranstandorte durch Verschieben oder Verändern von Kranen → Definieren des Planlayouts und drucken der Pläne

**Bearbeitungsablauf von „EasyCrane TK“ in Verbindung mit einer Access Krantatenbank**

fe der Programmiersprache Visual Basic in der VBA-Entwicklungsumgebung von AutoCAD.

**PROGRAMMFUNKTIONEN**

Die Programmierung erfolgt in drei Modulen. Das erste Modul „Kran Import“ soll das Einfügen eines gewählten Krans entsprechend seiner Herstellerspezifikation in eine CAD-Zeichnung realisieren. Es dient ausschließlich der Erzeugung der CAD-Objekte. Das Modul differenziert nach einzelnen Krantypen. Dabei wird zu-

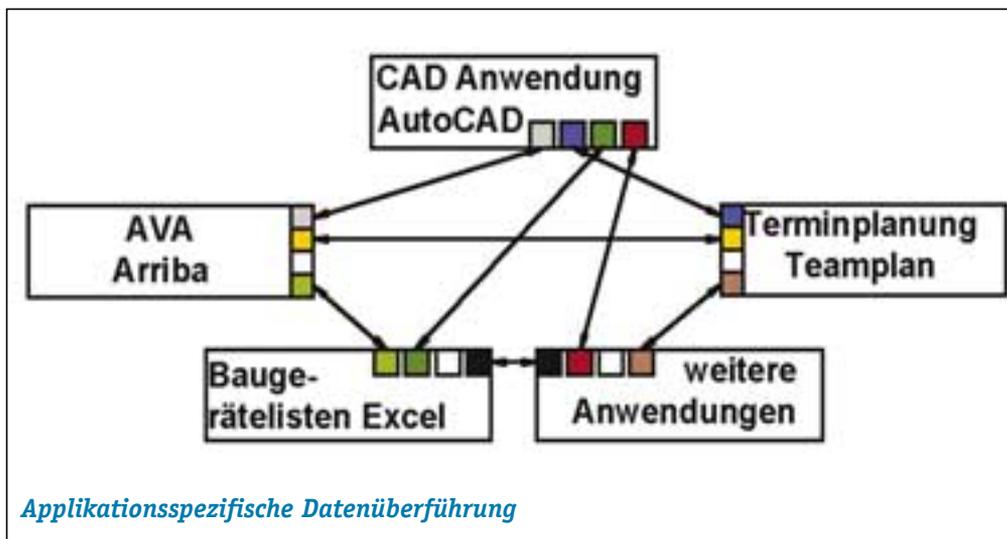
sätzlich zum Hersteller auch nach der Kranbaureihe unterschieden.

Mit den beiden anderen Funktionen kann das Prozessverhalten der Krane simuliert werden. Das Modul „Kran Animation“ visualisiert die möglichen Bewegungen des Krans. Mit dessen Hilfe soll der Anwender ungünstige Kranstellungen darstellen und erkennen, um sie anschließend genauer zu untersuchen. Mit dem Programmteil „Kran Kontrolle“ lässt sich die Überschneidung zweier Krane gezielt als Schnittansicht zeigen.

Zusätzlich zu den Programmmodulen werden noch weitere Funktionen zur Vereinfachung der Arbeit in einer dreidimensionalen CAD-Umgebung hinzugefügt. Durch die Schaltflächen „Ein Fenster“ und „Vier Fenster“ kann der Anwender zwischen einem Ansichtsfenster mit gleichzeitiger Darstellung von Draufsicht oder vier Ansichtsfenstern mit Draufsicht, zwei Ansichten und einer Isometrie wechseln. Zusammengefügt als Programm „EasyCrane TK“ werden diese Aufgaben realisiert.

**OPTIMIERUNG DES PLANUNGSPROZESSES**

Anhand technischer Parameter wie Hubleistung und Hakenhöhen wird zunächst eine Vorauswahl der Bau-



Applikationsspezifische Datenüberführung

krane durch den Arbeitsvorbereiter getroffen. Bei der Realisierung einer Auswahlmöglichkeit der Krane nach technischen Parametern zeigte sich, dass die Abbildung aller Informationen im CAD-System nur bedingt sinnvoll ist.

Deshalb wird eine programmübergreifende Kommunikation mit der Anwendung einer so genannten losen Kopplung [17] gewählt. Diese eliminiert die Probleme der direkten Kopplung durch einen Kopplungsansatz, der nur die notwendigen Informationen zwischen den domänenspezifischen Applikationen (Modellen) – also den Schnittmengenaustausch – organisiert.

Zur Vermeidung von Redundanzen und daraus resultierenden Inkonsistenzen ist es erforderlich, die technischen Informationen in einer Datenbank abzulegen. Ein relationales Datenbanksystem (DBS) ist für die redundanzfreie Datenhaltung geeignet [7]. Als Datenbank wird hier MS Access verwendet, die auf vielen Computern verfügbar ist.

### ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Für die Planung von Baustelleneinrichtungen, insbesondere von Kranen, müssen vielfältige Kriterien berücksichtigt werden. Der Arbeitsvorbereiter hat aus unterschiedlichen Bereichen Informationen zusammenzutragen, um ein Optimum aus allen gestellten Anforderungen erarbeiten zu können.

Bei der Beschaffung und Verdichtung von Informationen wirken sich die bereichsspezifischen Fachapplikationen kontraproduktiv aus, weil sie als Insellösungen betrieben werden und ein Datenaustausch nicht verwirklicht wird. Ein informationsbezogener Datenaustausch kann diesen Zustand verbessern, wie mit der Verbindung zur Access-Datenbank aufgezeigt wurde. Durch die Kommunikationsmöglichkeiten der Applikationen untereinander lassen sich Informationen schnell abgleichen oder abfragen und damit die Planungsprozesse der Baustelleneinrichtung qualitativ und quantitativ optimieren.

Die Verknüpfung der als Insellösungen bestehenden Applikationen ist aufwändig und wurde im Rahmen dieser Arbeit anhand ausgewählter Sachverhalte – für Bauherren – demonstriert. Die Ergebnisse bestätigen, dass damit Effektivität und Qualität im praktischen Baubetrieb verbessert werden. Deshalb liegt in der Verknüpfung weiterer branchentypischer und eingeführter Standard-Applikationen zu Kalkulation, Zeit- und Projektplanung, Baugeräteverwaltung usw. ein hohes Potenzial, um die Abläufe in einem Bauunternehmen zu unterstützen.

#### Literatur:

- [1] Böttcher, P., Neuenhagen, H.: Baustelleneinrichtungen Betriebliche Organisation Geräte- Kosten- Checklisten, Bauverlag Wiesbaden und Berlin, 1997
- [2] DIN 15001 Teil 1 1973, Krane, Begriffe Einteilung nach Bauart, Beuth Verlag
- [3] DIN 15002 1980, Lastaufnahmeinrichtungen, Benennung, Beuth Verlag
- [4] Drees, G., Sommer, H., Eckert, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, BMT 1980
- [5] Drees, G., Spranz, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen, Bauverlag, 1976
- [6] Gräser, N.: Vergleich ausgewählter CAD-Systeme hinsichtlich Kosten für Einführung und Betrieb sowie Effektivitätssteigerung, FH Erfurt, 2002
- [7] Kleinschmidt, P., Rank, C.: Relationale Datenbanksysteme, Eine praktische Einführung, Springer Verlag, 1997
- [8] Krane, Standsicherheit für alle Krane außer gleislosen Fahrzeugkränen und außer Schwimmkränen, Beuth Verlag Berlin, 1979
- [9] Krane, Standsicherheit für gleislose Fahrzeugkrane, Prüfbelastung und Berechnung, Beuth Verlag Berlin, 1979
- [10] Pit-Cup Version 5.2, Revision 2002
- [11] REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation, Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen: Arbeitstechnische Merkblätter für den Baubetrieb (atm), IFA- Verlag, Leonberg, 1976
- [12] Rosenheinrich, G.: Baustelleneinrichtungsplanung, Köln- Braunsfeld, Verlagsgesellschaft Rudolph Müller, 1993
- [13] Steinmetzger, R.: Lehrunterlage für die Vertiefungsrichtung Baubetriebswesen, Bauproduktionstechnik/REFA, Weimar 2001
- [14] Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A1), Bau-Berufsgenossenschaft Bayern und Sachsen, Fassung 2001
- [15] Unfallverhütungsvorschrift „Bauarbeiten“ (BGV C22), Bau-Berufsgenossenschaft Bayern und Sachsen, Fassung 2000
- [16] Unfallverhütungsvorschrift Krane (VBG 9), Bau- Berufsgenossenschaft Bayern und Sachsen, Fassung 2000
- [17] Willenbacher, H.: Interaktive verknüpfungsbasierte Bauwerksmodellierung als Integrationsplattform für den Bauwerkslebenszyklus, Bauhaus Universität Weimar, 2002



**Kompakt und leicht  
für schwere Aufgaben**



**NEU**  
TK-2160

Funkgeräte von Kenwood sorgen seit 1946 für eine perfekte drahtlose Kommunikation. Heute werden unsere Produkte in 120 Ländern auf der ganzen Welt verkauft. Und sie haben sich einen Namen gemacht – wegen ihrer Qualität und Zuverlässigkeit auch unter härtesten Bedingungen. Daher gibt es nichts Besseres für Polizei, Notdienste, Bau- und Forstunternehmen, für den Einsatz bei Rockkonzerten, der Formel 1 oder großen Sportveranstaltungen. Kenwood-Funkgeräte sind immer allererste Wahl.

Kenwood Electronics Deutschland GmbH  
Rumböcker Straße 15  
63150 Hausen/Elm  
Tel. 061 04 / 6901-0  
www.kenwood.de

Das TK-2160 repräsentiert absolute Spitzentechnologie für ultraleichte und kompakte Funkgeräte und ist selbst in schwierigen Situationen leicht zu bedienen. Dazu verfügt das TK-2160 über viele moderne Funktionen, die sonst nur größere, schwerere und teurere Handfunkgeräte zu bieten haben.

- Eingebaute VOX für sprache- gesteuertes Senden – die Hände bleiben für wichtigere Dinge frei.
- Prioritätssuchlauf zur einfachen Überwachung von bis zu 16 Kanälen und Möglichkeit zum sofortigen Reagieren auf Anrufe, ohne den Kanal manuell wechseln zu müssen.
- Programmierbare Ruföne zur sofortigen Identifizierung des Anrufers
- Frei programmierbare Funktionstasten für eine bequeme Bedienung
- Wassergeschützt und robust genug auch für den härtesten Einsatz
- Erhält IP 5455
- Erhält US-MIL-STD 883C/D/EF
- Gewicht: 236 g (inkl. Antennen und Akku KN 6240)
- Abmessungen (B x H x T): 56 x 109 x 26 mm (ohne vorstehende Teile)

Das TK-2160 ist das Kommunikationsmittel Ihrer Wahl für Bau- und Forstunternehmen auf der ganzen Welt.

