

Mobile Computing im Bau- und Infrastrukturwesen

Dr.-Ing. Thomas Klauer

CIP Ingenieurgesellschaft mbH Darmstadt - <http://www.cip.de>

Robert-Bosch-Strasse 7, 64293 Darmstadt

klauer@cip.de

Abstract: In diesem Beitrag werden fachspezifische Aspekte des Mobile Computings im Bau- und Infrastrukturwesen, wie z.B. spezielle Hardwareanforderungen, ingenieurgerechte Arbeits- und Datenerfassungsmethoden sowie Synchronisationskonzepte vorgestellt. Der Einsatz mobiler Technologien in den genannten Bereichen wird anhand von Praxisprojekten und praxisnaher Forschungsvorhaben aus den Bereichen Kampfmittelräumung, Grundwassermanagement, Energiepasserstellung für Wohngebäude, Instandhaltung und Wartung von Ingenieurbauwerken sowie Projektmanagement im Hoch- und Tiefbau vorgestellt. Dabei wird verdeutlicht, wie der Ingenieur bei der Durchführung seiner Tätigkeiten mithilfe der mobilen Technologien unterstützt werden kann und wie die Geschäftsprozesse in den betrachteten Bereichen effizienter gestaltet werden können.

1 Einleitung

Projekte des Bauwesens zeichnen sich durch die Fertigung von Unikaten vor Ort oder das Betreiben dieser aus. Enger werdende Kosten- und Zeitrahmen bei der Projektdurchführung haben zur Konsequenz, dass die reine Bereitstellung von Informationen zur Unterstützung der Ingenieur Tätigkeiten auf Arbeitsplatzrechnern im Büro nicht mehr ausreichend ist. Der Informationsfluss wird durch das Verlassen des Arbeitsplatzes unterbrochen. Dies gilt sowohl für Neubau-, Umbau- und Instandhaltungsprojekte im Hoch- und Tiefbau als auch für Umwelt- und Infrastrukturprojekte (z.B. im Versorgungs- und Verkehrsbereich). Durch die Verbreitung mobiler Endgeräte und drahtloser Kommunikationstechnologien bieten sich Möglichkeiten, sowohl Daten vor Ort zu erfassen als auch Informationen durch die Bereitstellung von Wissen, wie beispielsweise (GPS-gestützten) Orientierungshilfen oder Arbeitsanleitungen, direkt am Einsatzort zur Verfügung zu stellen. Hierbei kann zur Sicherstellung der Aktualität der Informationen ein direkter Zugriff von Arbeitsorten ohne feste Kommunikationsmöglichkeiten auf Server bzw. Informationssysteme im Büro durch WLAN oder Mobilfunk realisiert werden. Die Visualisierung der Lokation von Personen oder Objekten kann hierbei auf der Basis eines Geographischen Informations-Systems (GIS) und des Global Positioning Systems (GPS) erfolgen.

2 Berücksichtigung spezieller Anforderungen aus dem Bau- und Infrastrukturwesen

An den Einsatzorten im Bau- und Infrastrukturwesen, den Baustellen, herrschen spezielle Rahmenbedingungen, die hinsichtlich des Einsatzes von mobilen Informations- und Kommunikationstechnologien berücksichtigt werden müssen. So ist mit Schmutz, Staub und Lärm zu rechnen, ebenso wie mit extremen Witterungen, wie starkem Regen, Schneefall sowie hohen oder niedrigen Temperaturen bzw. Temperaturschwankungen.

Diese Parameter erfordern eine fachgerechte Betrachtung bei der Wahl der einzusetzenden Hard- und Software (siehe auch [BD03] und [Bü02]).

2.1 Hardware

Die Hardware sollte grundsätzlich möglichst robust, d.h. beispielsweise stoß- und schlagfest sein, da „Berührungen“ mit anderen, auf Baustellen eingesetzten Arbeitsmitteln oder auch Baustoffen nicht ausgeschlossen werden können. Ein Spritzwasser- und Staubschutz sollte bei einer Verwendung der Hardware unter freiem Himmel gegebenenfalls in Erwägung gezogen werden.

Ein wichtiges Kriterium für den ingenieurgerechten Einsatz der Hardware ist das Display des mobilen Gerätes, das sehr stark variieren kann (Handy, PDA, TabletPC, Notebook). Falls z.B. (CAD-) Pläne als Information bei der Planung und Durchführung eines Bau- und Infrastrukturprojekten von großer Wichtigkeit sind, muss der Bildschirm eine gewisse Größe haben, um eine ausreichend große Darstellung der Pläne zu gewährleisten. Das Sonnenlicht und seine spiegelnde oder blendende Wirkung auf das Display spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Da auf Baustellen oft beide Hände zur Durchführung der Arbeit eingesetzt werden müssen, kann darüber hinaus eine Befestigung der Hardware am Körper („hands free“, „head-mounted“ Display) erforderlich werden (siehe [Bü02]).

Die softwaregestützten Datenerfassungsmethoden müssen gemäß diesen Anforderungen konzipiert werden.

2.2 Datenerfassungsmethoden

Je nach verwendeter Hardware und fachlichen Anforderungen können verschiedene Datenerfassungsmethoden verwendet werden (siehe Abbildung 1). Dies bezieht sich hauptsächlich auf mobile Geräte ohne (externe) Tastatur. Es steht hier zwar eine Bildschirmstastatur zur Verfügung, die jedoch nur mit erhöhtem Zeitaufwand bedienbar ist.

Eine Verbesserung stellt hier eine Handschrifterkennung dar, die auf manchen Geräten bzw. Betriebssystemen standardmäßig vorhanden ist und bei anderen nachgerüstet werden kann. Zusätzlich ist eine Aufzeichnung handschriftlicher Notizen als Bilddatei möglich.

Eine Reduktion des Stifteinsatzes ermöglicht die Unterstützung von Spracheingaben. Auch hier können gesprochene Notizen als Datei auf dem Gerät aufgezeichnet werden. Hier ist jedoch eine Transformation in Schriftzeichen erforderlich, wenn ein bestimmtes Anwendungsprogramm mit Daten gefüllt werden soll. Spracherkennungsprogramme ermöglichen diese Transformation - auch direkt bei der Eingabe. Allerdings ist die Qualität der Transformation sehr stark von der Stimme und den sprachlichen Merkmalen des Sprechers, wie etwa dem Dialekt abhängig. Auch können Einflüsse wie Hintergrundgeräusche (z.B. Baustellenlärm) die Erkennung negativ beeinflussen. Aus den in Abschnitt 3 beschriebenen Projekten konnte die Erfahrung gewonnen werden, dass diese Technologie bei dem jetzigen Stand der in der Praxis verfügbaren Software für die meisten Anwendungsfälle im Bau- und Infrastrukturwesen nicht ausreichend geeignet ist.

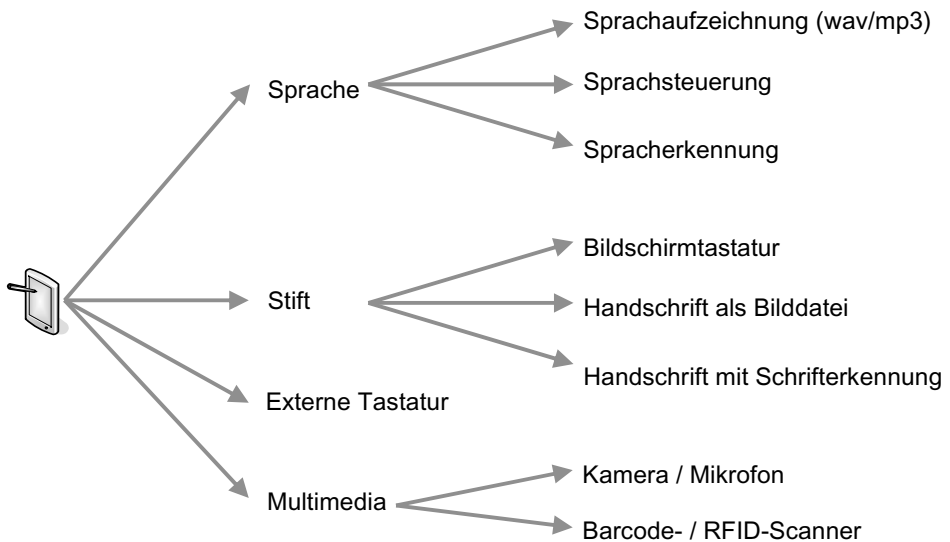


Abbildung 1: Datenerfassungsmethoden für mobile Endgeräte

Einen Zwischenschritt dieser Entwicklung stellt die Sprachsteuerung dar. Für die Eingabe von Daten per Sprachsteuerung müssen Wortschätze hinterlegt werden, welche die innere Logik der Applikation widerspiegeln. Nur zuvor im Wortschatz definierte Worte können erkannt werden. Situationsbedingt wird jeweils der entsprechende Wortschatz aktiviert. Wird im Strom der erkannten Wörter eine gültige Sprachsequenz gefunden, so sucht der verwendete Spracherkenner aus einer Sequenzdatei den zu diesem Wort gehörenden Identifier heraus und gibt ihn an die Applikation weiter.

Multimediale Inhalte, wie z.B. Bild- und Tonaufzeichnungen können als Ergänzungen zur Datenerfassung von großem Nutzen sein. Durch die hohe Verfügbarkeit kleiner leistungsfähiger Digitalkameras oder Mikrofone, die direkt an mobile Endgeräte angeschlossen werden können, lassen sich diese Inhalte gut in mobile Softwaresysteme integrieren. Je nach Anwendungsfall kann darüber hinaus ein Scanner zur Identifikation von Barcodes oder RFID-Tags erforderlich werden.

Eine weitere, in Grafik 1 nicht abgebildete Möglichkeit, (Lokations-) Daten zu erfassen, bildet das Global Positioning System GPS. Ergänzt durch Korrektursignale, wie z.B. dem SAPOS-Dienst der deutschen Landesvermessung, sind hiermit Genauigkeiten bis in den Millimeterbereich möglich.

2.3 Kommunikations-Strategien mit Arbeitsplatz- und Server-Rechnern

Zur Bereitstellung relevanter Informationen auf einem mobilen Endgerät und zur Übertragung mit diesem Gerät erfasster Informationen muss eine Kommunikation mit Arbeitsplatz- oder Server-Anwendungen möglich sein. Dies kann sowohl eine ortsgebundene als auch eine ortsunabhängige Kommunikationsverbindung sein.

Eine ortsunabhängige Verbindung erfordert die Integration von mobilen Kommunikationstechnologien, wie WLAN oder Mobilfunk und ist dadurch mit zusätzlichen Kosten für die Kommunikation verbunden. Diese Variante sollte deshalb nur gewählt werden, wenn die Situation eine zeitnahe Kommunikation mit Server-Anwendungen erfordert (vergl. auch [HT05]).

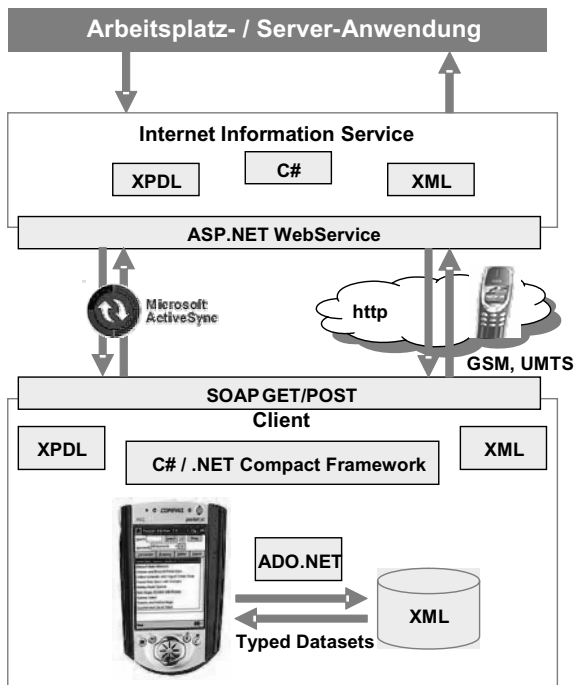


Abbildung 2: Kommunikation zwischen mobilen Endgeräten und Arbeitsplatz- bzw. Server-Rechnern

Ortsgebundene Kommunikationsverbindungen mit Hilfsgeräten, beispielsweise einer so genannte Cradle oder einer Sync-Station, erlauben das direkte Integrieren des mobilen Geräts in die interne (Netzwerk-) Umgebung des Arbeitsplatz- bzw. Server-Rechners. Sie sind allerdings an das Vorhandensein der vorgesehenen Infrastruktur gebunden, so dass ein Datenabgleich in der Regel nur im Büro stattfinden kann. Diese Methode ohne zusätzliche Kosten eignet sich für zeitunkritische Anwendungsfälle.

Um die zu entwickelnde Software unabhängig von der Datenübertragungsmethoden zu gestalten, eignen sich beispielsweise Web Services [KI05]. Mit Hilfe der hierdurch im Internet bereitgestellten Dienste kann mit Server-Anwendungen über Standard-Protokolle nahezu beliebig kommuniziert werden. Abbildung 2 zeigt eine umgesetzte Systemarchitektur unter diesen Bedingungen. Zur persistenten Ablage der Informationen auf dem mobilen Gerät können spezielle Datenbanken, wie der MS SQL Server CE oder Oracle Lite sowie eine Serialisierung in das XML-Format verwendet werden.

3 Anwendungsbeispiele

Im Folgenden werden einige Anwendungsbeispiele für den Einsatz mobiler IuK-Technologien im Bau- und Infrastrukturwesen gezeigt.

3.1 GIS- und GPS-gestützte Lokalisierung von Kampfmittelinformationen

Sechzig Jahre nach Ende des letzten Weltkrieges stellt sich bei vielen Bauvorhaben, insbesondere im Bereich Grundbau, immer noch die Frage nach möglichen Belastungen durch militärische Kampfstoffe und Rüstungsaltslasten. Für einzelne Bauherren besteht die Möglichkeit, eine Belastungsanfrage bei dem zuständigen Kampfmittelräumdienst zu stellen, um somit bereits in der Planungsphase geeignete Maßnahmen ergreifen zu können. Die Informationen zu Kampfmittelbelastungen liegen derzeit überwiegend in Papierform vor. Historische Luftbilder und Zeitzeugen- bzw. Räumberichte dienen hierbei als Grundlage.

Um die Verwaltung der Informationen effizienter zu gestalten, wurde das Software-Werkzeug KMIS auf der Basis eines Geografischen Informationssystems (GIS) konzipiert und entwickelt [RS03]. Mit KMIS können sowohl potenziell verseuchte als auch geräumte Flächen auf einer topografische Karte erfasst bzw. visualisiert werden. Ebenso kann, beispielsweise nach einer Beauftragung durch einen Bauherrn, die Räumung einer verseuchten Fläche mit Hilfe des Systems koordiniert werden. Hierzu wurde eine Anwendung für mobile Endgeräte auf Basis von Windows Mobile entwickelt, die die relevanten Informationen mit einem angepassten GIS auch direkt vor Ort an das zu räumende Gebiet bereitstellt. Zu diesem Zweck werden topografische Karten, die je nach Lokation dynamisch nachgeladen werden, als Grundlage hinterlegt.

Außerdem kann die geräumte Fläche durch die Verwendung von GPS-gestützten Lokationsinformationen genau in einem Raster erfasst, abgesteckt und anschließend an KMIS übertragen werden.

Die Fundstellen entfernter Einzelfunde, wie z.B. Bomben oder Granaten können einzeln per GPS bzw. bei höherer erforderlicher Genauigkeit per Differentielles (D)-GPS gekennzeichnet werden.

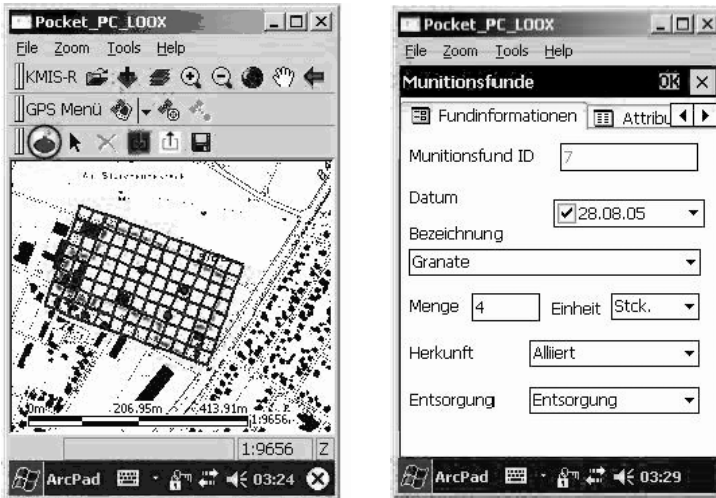


Abbildung 3: Mobile, GIS- und GPS-basierte Räumstelleninformationen

3.2 Erfassung von Grundwasserinformationen mit mobilen Technologien

In Deutschland wird Trinkwasser zu mehr als 70% aus Grundwasser gewonnen, in Hessen sogar zu mehr als 90%. Das Grundwasser steht in komplexen hydrogeologischen, klimatischen und wasserwirtschaftlichen Wechselbeziehungen zu Flora, Fauna und Habitat. Niedrige Grundwasserstände können so beispielsweise zu Setzungsrissen an Gebäuden oder Vegetationsschäden durch Austrocknung führen, während hohe Grundwasserstände überflutete Keller und überschwemmte Ackerflächen nach sich ziehen können. Im Jahr 2000 wurde von der CIP Ingenieurgesellschaft in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt und der BGS Umweltplanung GmbH das Pilotprojekt Grundwasser-Online gestartet [GS03]. Ziel des Projektes war eine zeitnahe, unternehmensübergreifende Überwachung und aktive Steuerung der Grundwassersituation im Projektgebiet Hessisches Ried. Zu diesem Zweck wurden mehrere große Wasserversorgungsunternehmen und das Regierungspräsidium Darmstadt mit einbezogen. Seit 2004 befindet sich das Projekt im Praxisbetrieb (siehe www.grundwasser-online.de). Zum Aufbau eines zentralen, für Berechtigte online verfügbaren Pools wasserwirtschaftlicher Geodaten und der Bereitstellung (halb-) automatischer Methoden zur kartographischen Aufbereitung aktueller grundwasserrelevanter Daten, z.B. in Form von Ganglinien, Gleichen- und Flurabstandsplänen, ist die Erfassung der Grundwasserinformationen, die in der Regel an Grundwassermessstellen „im Feld“ erfolgt, von großer Bedeutung.

Die klassische Erfassung findet mit Stift und Papier statt, was eine zweite Erfassung bei Übertragung in den Rechner und die Gefahr von Fehlablesungen z.B. durch eine schlecht erkennbare Handschrift oder ein falsches Ablesen am Maßband mit sich bringt.

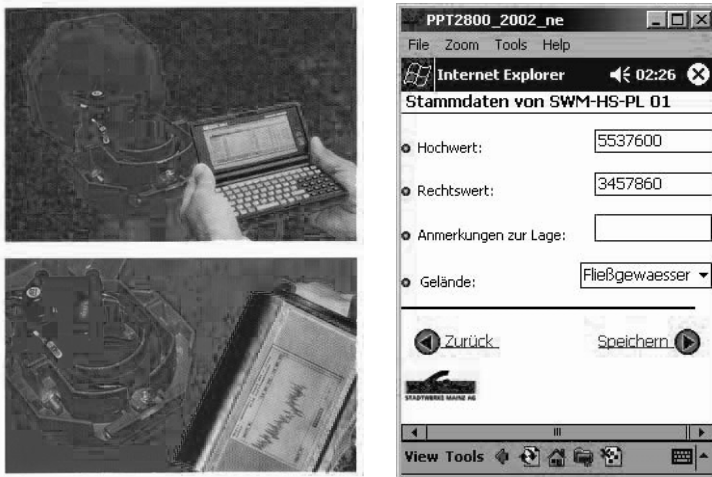


Abbildung 4: Erfassung von Grundwasserständen

Mit Hilfe von so genannten Datenloggern kann dieser Vorgang auf Basis einer Datenfernübertragung per Mobilfunk nahezu vollständig automatisiert werden. Dies ist zurzeit jedoch nur mit erhöhtem finanziellem Aufwand möglich.

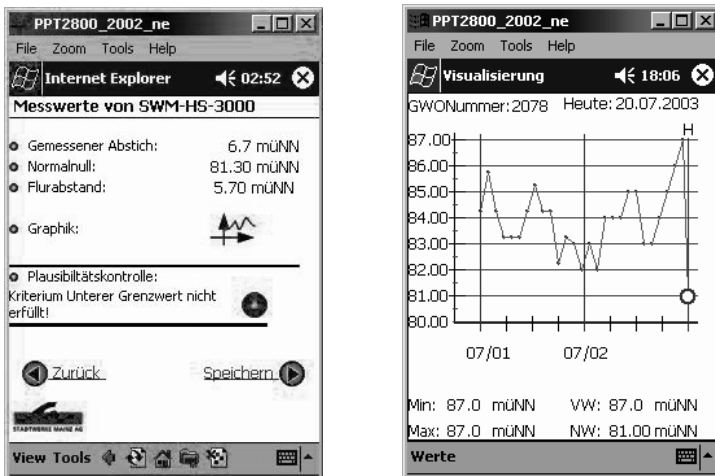


Abbildung 5: Plausibilitätsprüfung vor Ort

Daher ist eine Erfassung mit mobilen Endgeräten eine wirtschaftlich und technisch geeignete Alternative. Zur Erfassung direkt an der Grundwassermessstelle wurde deshalb eine Anwendung für Windows Mobile-basierte Endgeräte entwickelt, mit deren Hilfe die Daten eingegeben, auf Plausibilität geprüft und zum Server übertragen werden können ([GM03], Abbildung 4).

Die Plausibilitätsprüfung, die durch ein Gangliniendiagramm unterstützt wird, ermöglicht das schnelle Identifizieren von Ablese- oder Messfehlern durch statistische Vergleiche mit der Historie des betrachteten Messpunktes (Abbildung 5). Zusätzlich kann eine Identifikation der Messstellen im Feld über Barcodes, RFID-Tags oder GPS erfolgen.

3.3 Vor-Ort-Erstellung von Energiepässen mit Sprachsteuerung

Ab 2006 werden für Bestandsgebäude so genannte Energiepässe Pflicht, welche bei einem Eigentümer- oder Mieterwechsel vorgelegt werden müssen. Der Energiepass ist ein System zur Kennzeichnung der energetischen Qualität von Gebäuden, die hierbei ähnlich wie bei „weißer Ware“ (Waschmaschinen, Kühlschränke etc.), in Energieeffizienzklassen eingeteilt werden. Zur Erstellung eines Energiepasses ist eine Vor-Ort-Begehung notwendig. Hierbei werden die Abmessungen aller Bauteile, der Gebäudehülle und deren Aufbau im Hinblick auf die Wärmedurchlässigkeit erfasst. Diese Datenerfassung ist recht aufwändig, da alle Bauteile einzeln ermittelt werden müssen. Aus Wärmeverlusten, Wärmegewinnen und Verlusten bei der Wärmeerzeugung wird die Energiemenge berechnet, die für den Betrieb des Gebäudes notwendig ist.

Die Energiepässe werden von Bauvorlagenberechtigten und speziell geschulten Energieberatern ausgestellt. Ein Energiepass soll laut der Deutschen Energieagentur (dena) für ein Ein- bis Zweifamilienhaus zum Preis von ca. 200 Euro angeboten werden. Um in diesem Kostenrahmen zu bleiben, muss die Datenerfassung vor Ort rationalisiert werden. Zur Vereinfachung der Datenerfassung direkt vor Ort wurde deshalb eine mobile Anwendung konzipiert und entwickelt. Über eine Dateneingabe per Sprachsteuerung in einen Tablet-PC werden doppelte Datenerfassungen (wie sie bei Papier-Checklisten entstehen) vermieden und alle Werte unmittelbar während der Begehung nahezu berührungsfrei eingegeben.

Die Eingabe der Gebäudedaten wurde durch ein Konzept von Gebäudemodellen rationalisiert, so dass an Hand von groben Geometriedaten die einzelnen Bauteile erzeugt werden. Über Haustypologien und Bauteilkataloge werden die Bauteilaufbauten und energetischen Werte berücksichtigt.

Die erstellte Software ist in der Lage, einen kompletten Energiebedarfsausweis inklusive der Einordnung in eine Energieeffizienzklasse durchzuführen. Der Nachweis kann wahlweise nach dem vereinfachten Verfahren (Heizperiodenverfahren) oder dem genaueren Monatsbilanzverfahren durchgeführt werden. Weiterhin bietet das Programm die Möglichkeit, Sprachnachrichten aufzuzeichnen, um damit Notizen und Ergänzungen während der Datenaufnahme vor Ort festhalten zu können. Die Optimierung der Datenaufnahme und Auswertung vor Ort vereinfacht und beschleunigt die Arbeit eines Energieberaters.



Abbildung 6: Erstellter Energiepass auf einem Tablet PC

3.4 Mobile Bauwerksprüfung mit Handschrifterkennung und Sprachsteuerung

Die Instandhaltung von Ingenieurbauwerken, wie z.B. Brücken oder Tunnel, beansprucht im Tätigkeitsfeld eines im Ingenieurbau tätigen Ingenieurs einen immer größer und wichtiger werdenden Bereich. Das zunehmende Alter der Bauwerke, aber auch die steigende Belastung durch Verkehrszunahmen, Zulassung höherer Achslasten und Umwelteinflüsse erfordern eine Fülle von Baumaßnahmen mit neuen, veränderten Randbedingungen. Die Bauwerksinstandhaltung erfolgt in zwei Arbeitsbereichen, der Bauwerksprüfung mit Feststellung und Bewertung des Ist-Zustands sowie der Unterhaltung mit Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustands.

Grundlage der Bauwerksprüfung ist hierbei die DIN 1076, welche unter anderem vorschreibt, dass für die Überwachung und Prüfung der Bauwerke ein Bauwerksverzeichnis, die Bauwerksakte und das Bauwerksbuch zur Verfügung stehen müssen.

Außerdem sind die Bauteilarten, die möglichen, auftretenden Schäden und die Bewertung der Bauwerke in der Norm in Form von Katalogen klassifiziert. Das Softwaresystem *BW Prüf* wurde auf dieser Grundlage zur Unterstützung der Arbeitsprozesse der Bauwerksprüfung von der CIP Ingenieurgesellschaft entwickelt und befindet sich im praktischen Einsatz.



Abbildung 7: Einsatzort bei einer Bauwerksprüfung

Da die Bauwerke direkt vor Ort geprüft werden müssen, ist es erforderlich, alle relevanten Bauwerksinformationen, die in Bauwerksverzeichnis, -akte oder -buch festgehalten wurden, dem Prüfer am Bauwerk während der Prüfung zur Verfügung zu stellen. Gleiches gilt für die erwähnten Kataloge zur Erfassung von Schäden an beliebigen Bauteilen oder auch CAD-Zeichnungen des betrachteten Bauwerks. Hierzu wurde die Applikation auch auf einem Tablet-PC-basierten System mit einer Bildschirmauflösung von 800x600 Bildpunkten umgesetzt, so dass die Möglichkeit der Darstellung von CAD-Plänen am Bauwerk besteht. Die ermittelten Schäden können am Bauwerk direkt vor Ort in das System eingegeben werden, ohne den Umweg über eine Erfassung mit Papier und Stift sowie einer anschließenden Übertragung in die Software gehen zu müssen. Die Erfassung kann durch multimediale Ergänzungen, wie beispielsweise Fotos der Schäden ergänzt werden.

Zur effizienten Eingabe der Schäden werden verschiedene Erfassungsmethoden, wie in Kapitel 2 beschrieben, zur Verfügung gestellt. Besonders bei Prüfungen an Bauwerken, die eine Sperrung von Hauptverkehrswegen oder -knotenpunkten erforderlich machen (Abbildung 7), ist dies zur Minimierung der Prüfzeit ein wichtiger Aspekt.

Da eine Eingabe über die standardmäßige Bildschirmtastatur des Tablet-PCs in dieser Situation nicht ausreichend wäre, kommen hier Schrift oder Spracherkennungsmethoden sowie Sprachaufzeichnung zum Einsatz.

Im Anschluss an die Prüfung werden die ermittelten Ergebnisse in die Arbeitsplatzversion bzw. auf den Server synchronisiert und können im Zuge des Geschäftsprozesses weiterbearbeitet werden.

3.5 Bauprojektmanagement mit mobilen Endgeräten auf Basis eines Workflow-Management-Systems

In [K105] wurde eine prozessorientierte Kooperationsplattform für Bauprojekte vorgestellt, mit deren Hilfe eine projektbegleitende Unterstützung der Abwicklung von Bauprojekten in Planung und Ausführung auf Basis eines internetbasierten Workflow-Managements ermöglicht wird. Für den Einsatz in der Bauausführung wurde neben der Workflow-Client-Applikation für Arbeitsplatz-Rechner eine Applikation für mobile Endgeräte entwickelt. Mit Hilfe dieser Anwendung kann die Bauleitung direkt auf der Baustelle zahlreiche Unterstützungsmöglichkeiten erhalten.

Die Anwendung für mobile Endgeräte ermöglicht eine Integration des Baustellencontrollings in das Workflow-System. Jeder laufenden Aktivität kann ein Fortschrittsgrad zugewiesen werden, um den Stand der Ausführung zum Zweck des Controllings zu dokumentieren. Ein Termin-Controlling kann direkt auf dem mobilen Gerät genutzt werden.

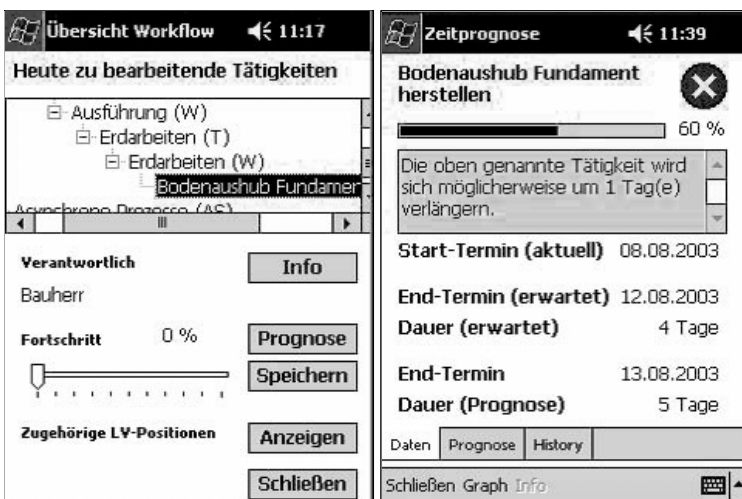


Abbildung 8: Mobiles Baustellencontrolling

Auf Basis des mobilen Workflow-Managers und der ebenfalls auf dem mobilen Endgerät verfügbaren Leistungsverzeichnisse können Arbeitsanweisungen oder Mängellisten direkt auf der Baustelle umgesetzt bzw. bearbeitet werden.

4 Ausblick

Die Aspekte mobiler IuK-Technologien sind für das Bau- und Infrastrukturwesen von immer größerer Bedeutung. Aktuelle Forschungsvorhaben zielen unter anderem auf verbesserte Datenerfassungsmethoden mit Spracherkennung ab. Aufgrund der aus den beschriebenen Praxisprojekten gewonnenen Erfahrungen kann dies begrüßt werden, da im Bereich der Datenerfassung die größten Schwächen des Mobile Computing im Bau- und Infrastrukturwesen angesiedelt sind.

Weitere Forschungsaktivitäten finden sich in den Bereichen der ingenieurgerechten Darstellungsverfahren auf den kleineren Bildschirmen der mobilen Endgeräte und der Lokalisation von beweglichen Objekten. So könnten z.B. Bauteile oder Baustoffe von der Vorfertigung in einem Betrieb über die Lieferung und Lagerung auf der Baustelle bis zum Einbau am richtigen Ort auf Basis von leistungsfähigen RFID-Tags verfolgt und identifiziert werden. Die Lokalisation von beweglichen Objekten, wie z.B. Personen, in Gebäuden zur Navigation und lokationsabhängigen Informationsbereitstellung ist ebenfalls ein Forschungsgebiet [ZI04].

Literaturverzeichnis

- [BD03] Berbig, T.; Dittrich, J.; Menzel, K.; Eisenblätter, K.; Domschke, S.: Mobile Computing – Anforderungen und Einführungsstrategie aus Sicht der Baupraxis. In: Proceedings zum Internat. Kolloquium über Anwendungen der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen (IKM), Weimar 2003
- [Bü02] Bürgy, Christian: An Interaction Constraints Model for Mobile and Wearable Computer-Aided Engineering Systems in Industrial Applications. PhD Thesis, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA 2002
- [GM03] Gutzke, Thomas; Meissner, Iris: Mobile Vor-Ort-Erfassung und Verarbeitung hydrologischer Umweltinformationen. In: Kaapke, Kai; Wulf, Alexander (Hrsg.): Forum Bauinformatik 2003 - Junge Wissenschaftler forschen, Shaker Verlag, ISBN 3-8322-2022-4, S. 360-370, Hannover, Oktober 2003
- [GS03] Gutzke, Thomas; Seewald, Gerrit; Forst, Manfred: Internet- und GIS-gestützte Grundwasserbewirtschaftung. In: 18th European User Conference - 10. Deutschsprachige Anwenderkonferenz (ESRI 2003), Tagungs-CD-ROM, Innsbruck, Oktober 2003
- [HT05] Höpfner, Hagen; Türker, Can; König-Ries, Birgitta: Mobile Datenbanken und Informationssysteme, Dpunkt Verlag 2005
- [Kl05] Klauer, Thomas: Eine prozessorientierte Kooperationsplattform für Bauprojekte auf Basis eines internetbasierten Workflow-Managements – Shaker-Verlag Aachen 2005
- [RS03] Rüppel, Uwe; Seewald, Gerrit; Petersen, Michael: Geografisches Fachinformationssystem zur verteilten Verwaltung von militärischen Altlasten. In: Workshop Umweltdatenbanken, Berlin, Mai 2003
- [ZI04] Zentrum für Integrierte Verkehrssysteme: PIG - Ortung in Gebäuden - Untersuchung zur Realisierbarkeit von Personennavigation in Gebäuden und Entwicklung eines Ortungskonzepts, Projektbericht, Darmstadt 2004