

Mobile Computing in der Grundwasserbewirtschaftung

Uwe Rüppel, Iris Meissner, Thomas Gutzke

Technische Universität Darmstadt
Institut für Numerische Methoden in Informatik im Bauwesen
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt, Germany
E-Mail: Sekretariat@iib.tu-darmstadt.de

Gerrit Seewald

CIP Ingenieurgesellschaft mbH
Robert-Bosch-Str. 7, 64293 Darmstadt, Germany

Kurzfassung

Die Bewirtschaftung von Grundwasser umfasst zum einen die Nutzungserfordernisse und Versorgungsbedürfnisse und zum anderen den Schutz des Grundwassers als Bestandteil des Naturhaushaltes. Die Verwendung von Informations- und Kommunikationsmethoden zur numerischen Grundwassermodellierung und zur Verwaltung von großflächigen qualitativen und quantitativen Grundwasserinformationen eröffnen die Möglichkeit einer nachhaltigen wasserwirtschaftlichen Planung sowie einer gezielten Steuerung der Auswirkungen von Grundwasserentnahmen und -versickerungen.

Im Rahmen des Pilotprojektes Grundwasser-Online im Hessischen Ried (www.grundwasser-online.de) wurden gezielt die Arbeitsabläufe bei der Erfassung der Daten zur Grundwasserbewirtschaftung sowie der anschließenden Verarbeitung analysiert, bewertet und software-technisch umgesetzt. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Datenerfassung an den räumlich verteilten Grundwassermessstellen. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie mobile EDV Geräte mit einer geeigneten Software die Arbeitsabläufe beim Einsatz vor Ort effizienter gestalten und die Einhaltung der Messvorgaben unterstützen können. Durch die Minimierung von Fehlerquellen kann dabei eine Qualitätsverbesserung des Datenbestandes erreicht werden. Es wird ein Konzept zur mobilen Erfassung von Grundwasserdaten unter Verwendung von GPS-Positionsdaten und Plausibilitätsprüfungen vorgestellt. Die Technologien und Herausforderungen bei der prototypischen Umsetzung werden aufgezeigt.

1 Pilotprojekt Grundwasser-Online

Grundwasser ist in Deutschland der wichtigste Rohstoff zur Trinkwasserversorgung und spielt in wasserwirtschaftlicher Hinsicht eine außerordentlich große Rolle. In Hessen wird z.B. 95,2 % des für die Öffentlichkeit bereitgestellten Trinkwassers aus dem Grundwasser und 4,1 % aus angereichertem Grundwasser gewonnen [1]. Daneben ist das Grundwasser ein Bestandteil des Wasserkreislaufes und muss auch im Hinblick auf seine wesentliche Bedeutung für Ökosysteme gesehen werden. Die Grundwasserbewirtschaftung umfasst die Betrachtung der Nutzungserfordernisse und Versorgungsbedürfnisse und den Schutz des Grundwassers als Bestandteil des Naturhaushaltes. Als Grundlage für die langfristige und nachhaltige

wasserwirtschaftliche Planung sind die Erhebung von Datenmaterial zur Grundwasserfügbarkeit und zur Grundwasserbeschaffenheit sowie umfangreiche Wasserhaushaltsuntersuchungen erforderlich. Für die Erhebung der Messdaten existiert in Deutschland ein feinmaschiges Netz an Grundwassermessstellen, das von den regional ansässigen Wasserbetreibern sowie den jeweiligen Landesbehörden unterhalten und betrieben wird und somit die landes- und bundesweite Bestandsaufnahme sicherstellt.

Im Rahmen des Pilotprojektes Grundwasser-Online (www.grundwasser-online.de) [2] entwickeln im Auftrage der örtlichen Wasserversorgungsunternehmen das Planungsbüro Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH (BGS) und die Computer Integrierte Planung Ingenieurgesellschaft mbH (CIP) sowie das Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt ein internetbasiertes Grundwassermanagement-System für das Hessische Ried. Beteiligt am Projekt ist das Regierungspräsidium (RP) Darmstadt.

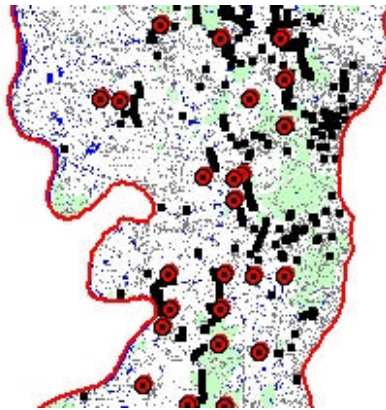


Abbildung 1: Grundwassermessstellen in einem Teilgebiet des Hessischen Rieds (aus [2])

Der Projektraum umfasst das Hessische Ried mit einer Fläche von ca. 1400 km². Die Grenzen bilden der Rhein im Westen, der Main im Norden, der Neckar bzw. Landesgrenze zu Baden-Württemberg im Süden sowie der Odenwaldrand bzw. die Bergstraße im Osten. Aufgrund seiner geologischen Speichereigenschaft und seiner Lage zwischen den Ballungsräumen Rhein-Main und Rhein-Neckar, hat sich das Hessische Ried zu einem herausragenden Liefergebiet für die Trink- und Brauchwasserversorgung der gesamten Region entwickelt. In den letzten Jahrzehnten war die beschriebene Region sowohl von Trocken- als auch von Hochwasserperioden betroffen. Überschwemmungen und Austrocknungen führten dabei zu teilweise deutlichen Schäden an der Bausubstanz (Setzungsrisse) und in der Land- und Forstwirtschaft [3]. Um auf die komplexen klimatischen und hydrologischen Wechselbeziehungen möglichst effizient reagieren zu können, ist eine regelmäßige Erfassung und Weiterverarbeitung aller grundwasserrelevanten Daten erforderlich. Die vorhandenen Arbeitsabläufe zur Datenerfassung, Aufbereitung und Übermittlung zwischen den unterschiedlichen Beteiligten erfordern dabei zurzeit einen hohen Zeit- und Personalaufwand und beinhalten durch ihre vielfältigen Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Prozessbeteiligten ein hohes Fehlerpotential.

Ein Ziel des Projektes ist es, die Grundwasserbewirtschaftung durch eine effizientere Gestaltung der beteiligten Arbeitsabläufe unter Einsatz moderner digitaler Informationsverarbeitungstechnologien in Form von fachgerechten Werkzeugen zu verbessern. Allen Projektbeteiligten soll der Zugang zu einem aktuellen und vollständigen Datenbestand und zu qualifizierten

Auswertungstools ermöglicht werden und zwischen den Beteiligten soll eine effektive Kommunikation zu verbesserter Kooperation führen.

2 Erfassung von Grundwasserdaten

Im Rahmen dieses Pilotprojektes wurden gezielt die Arbeitsabläufe bei der Erfassung der Daten zur Grundwasserbewirtschaftung sowie der anschließenden Verarbeitung analysiert, bewertet und software-technisch umgesetzt.

Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Erfassung von Grundwasserdaten, die monatlich rund 2.000 unterschiedliche Messwerte allein im quantitativen Bereich an den insgesamt 1.072 Grundwassermessstellen im Projektgebiet liefert. Diese räumlich verteilten Grundwassermessstellen werden sowohl von fest angestelltem Fachpersonal als auch von häufig wechselnden Hilfskräften abgelesen. Die oben genannten Wasserversorgungsunternehmen verwenden zur Erfassung, Speicherung und Verarbeitung der wasserwirtschaftlichen Daten unterschiedlichste Werkzeuge und haben verschiedene Verfahrensabläufe entwickelt. Die Erfassung von Grundwasserstandsdaten erfolgt aber bei allen im Rahmen von Begehungen, bei denen die Messstellen wöchentlich, monatlich oder auch nur einmal im Jahr nacheinander aufgesucht und vor Ort die Grundwasserstände aufgenommen werden müssen. Der Grundwasserstand wird z.B. mit einem Lichtlot gemessen. Dabei handelt es sich um ein Maßband mit einem Sensor an der Spitze, der, wenn er in das Wasser eintaucht, durch ein optisches oder akustisches Signal anzeigt, wie hoch das Wasser in der Messstelle steht. Der abgelesene Wert wird handschriftlich in eine Tabelle eingetragen. Nach Abschluss der Begehung muss der Wert entsprechend den Vorgaben des jeweils eingesetzten Softwarewerkzeugs in den Computer eingegeben werden [4]. Bei diesem Ablauf können Messfehler auftreten, die nur schwer zu erkennen sind. Eine nachträgliche Korrektur ist mit zusätzlichem Arbeitsaufwand verbunden, da in diesem Fall eine erneute Messung an der fraglichen Messstelle durchgeführt werden muss. Zudem sind die Messstellen, die oft abseits bekannter Wege liegen, nicht leicht zu finden und zu identifizieren.

Insgesamt ist der Arbeitsaufwand erheblich und es ergeben sich zahlreiche Fehlerquellen, die die Qualität der Daten gefährden können. Nach Aussage der am Projekt beteiligten Wasserversorgungsunternehmen sind bei der bisher üblichen Datenerfassung gerade die Messfehler eines der Hauptprobleme.

3 Konzept zur mobilen Datenerfassung

Zur effizienteren Gestaltung des Arbeitsablaufes wird im Rahmen des Projektes Grundwasser-Online ein Konzept zur mobilen Datenerfassung vor Ort entwickelt. Neben der Arbeitserleichterung wird hauptsächlich die Minimierung des Fehlerpotentials des Ablaufes angestrebt, um die Qualität des Datenbestandes zu verbessern. Die Vorgehensweise bei der mobilen Datenerfassung ist geprägt durch folgende Funktionalitäten:

- Datenabgleich zwischen der Datenbank auf dem Zentralcomputer und dem mobilen Endgerät vor und nach der Messwerterfassung. Dabei müssen die relevanten Daten der Messstellen (Position, Messwerthistorie etc.) auf das mobile Gerät übertragen werden und die aktuell erfassten Messwerte in die Datenbank geschrieben werden.
- Führung des Mitarbeiters zu der Messstelle mittels GPS und einer GIS-Anwendung.

- Identifizierung der Messstelle über Barcode oder Positionsdaten.
- Manuelle Erfassung des Grundwasserstands mit dem mobilen Endgerät bzw. Übertragung der Daten via Infrarotschnittstelle oder Kabel (bei Datenloggern).
- Arithmetische Überprüfung des gemessenen Wertes anhand vorab definierter Plausibilitätskriterien, ggfs. Hinweis auf auffälligen Messwert und Neumessung.
- Bereitstellung von Möglichkeiten zur Visualisierung der vorliegenden Messreihen in Form von Ganglinien oder Diagrammen zur visuellen Plausibilitätskontrolle.

Ausschlaggebend für die Einsetzbarkeit und für die Akzeptanz dieser Lösung durch die betroffenen Mitarbeiter ist der Einsatz möglichst kleiner, leichter Hardware mit ergonomischen Schnittstellen zur Interaktion zwischen Mensch und Maschine.

Das folgende Aktivitätsdiagramm stellt den Arbeitsablauf bei der Erfassung von Grundwasserdaten mit Hilfe eines Handheld-Computers dar:

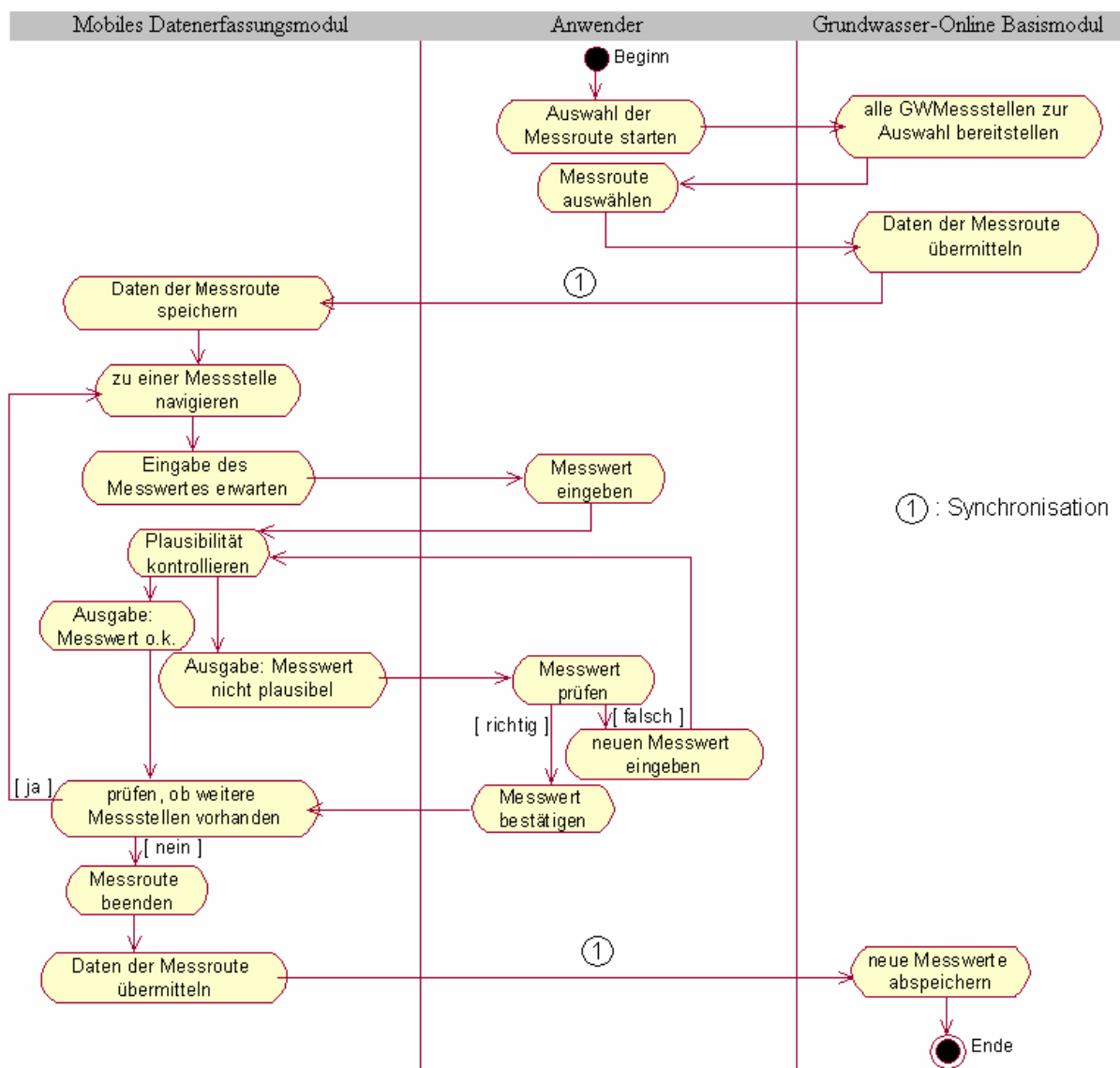


Abbildung 2: Aktivitätsdiagramm

4 Umsetzung der mobilen Datenerfassung

Das entwickelte Konzept wird unter Verwendung moderner Technologien umgesetzt, wobei das neu entwickelte Modul zur mobilen Erhebung von Grundwasserdaten in das Projekt Grundwasser-Online eingebunden und auf den Austausch von Daten mit den Datenbanken der Wasserwerke angewiesen ist. Vor der Übertragung der Informationen für die Begehung sollte die Auswahl der Messstellen, für die der Benutzer Daten des gleichen Typs in der Begehung erfassen will, aus allen vorhandenen Messstellen erfolgen. Für den Zugriff auf seine Datenbank stellt Grundwasser-Online dazu ein Frontend-Modul zur Verfügung, mit dem u.a. eine individuelle Messroute zusammengestellt werden kann. Für den Einsatz des mobilen Datenerfassungswerkzeuges wird diese Messroute auf den Handheld-Computer übertragen. Die Synchronisation erfolgt mit Hilfe der XD Plattform (siehe Kapitel 4.3) und sorgt dafür, dass die Stammdaten der Messstellen und die Messwerthistorie dort zur Verfügung stehen.

Diese Daten ermöglichen während der Begehung eine schnelle Führung zu den Messstellen bzw. deren eindeutige Identifikation. Für die Navigation wird eine GIS-Anwendung mit passender Kartengrundlage eingesetzt. Diese stellt die Position des Benutzers, das angesteuerte Ziel, in diesem Fall die Grundwassermessstelle, und die passende Strecke auf einer Karte dar. Die dafür notwendigen Positionsdaten werden durch einen GPS-Empfänger (siehe Kapitel 4.5) geliefert, der an das eigentliche Endgerät angeschlossen wird. Der Nutzer kann aber auch die Route ändern und die aktuelle Messstelle entweder über seine Position, also die GPS-Daten, oder den gescannten Barcode erkennen. Für die Messung der eigentlichen Grundwasserdaten stehen die herkömmlichen optischen und akustischen Messmethoden wie Brunnenpfeife oder Lichtlot zur Verfügung, die durch digitale Erfassungsmethoden und den Einsatz von elektronischen Datenloggern erweitert werden können. Zur Sicherstellung der Korrektheit erfolgt nach jeder Eingabe der gewonnenen Daten durch den Benutzer automatisch die Überprüfung der Plausibilität mit Hilfe der Vergleichsdaten (siehe Kapitel 4.4). Bei einem negativen Ergebnis der Überprüfung steht dem Benutzer die Möglichkeit offen, sich Grafiken zur visuellen Plausibilitätskontrolle der Messwerte darstellen zu lassen. Eine direkte Neumessung kann einen Extremwert bestätigen oder zu einer Korrektur des Messwertes führen.

Nach Beendigung der Begehung erfolgt wieder ein Datenabgleich mit dem Basismodul. Jetzt müssen die neu erfassten Daten in die Datenbank des Wasserwerkes eingetragen werden, so dass sie zur Auswertung zur Verfügung stehen.

4.1 Tragbare Kleinstcomputer

Für Datenerhebungen vor Ort können mobile EDV Geräte, die durch eine geeignete Software die Arbeitsabläufe effizienter gestalten und die Einhaltung der Messvorgaben unterstützen können, sinnvoll eingesetzt werden. Die Tatsache, dass in den vergangenen Jahren Preise, technische Ausstattungen, Software und Kommunikationsmethoden dieser Geräte sich erheblich verbessert haben, ermöglicht einen wirtschaftlichen Einsatz für das beschriebene Projekt. Mittlerweile sind eine Vielzahl mobiler Endgeräte für die unterschiedlichsten Anwendungen und Randbedingungen spezifiziert. Geräte wie Notebooks, tragbare Computer, Handheld-Computer oder andere Personal Digital Assistants (PDAs) sind auf dem Markt. Die Geräte unterscheiden sich u.a. in ihrer Rechenleistung, den Ein- und Ausgabegeräten, der Batterielaufzeit und dem Preis. Wichtig für die Tätigkeiten von der Erfassung der Grundwasserdaten bis hin zur Übertragung und Auswertung sind neben der leichten Handhabung die Möglichkeiten zur Eingabe, Speicherung und Übermittlung von Daten. Zudem sollte für den hier beschriebenen Einsatz ein

Empfangsgerät, das Positionsdaten des Global Positioning Systems (GPS) zur Verfügung stellt, angeschlossen werden können. Deshalb ist der Einsatz eines kleinen, witterungsbeständigen Handheld-Computers, der eine einfache Eingabe der Messwerte über eine Tastatur ermöglicht, zweckmäßig. Es wurde das Gerät PPT (Portable Pen Terminal) 2800 der Firma Symbol für die prototypische Umsetzung des oben dargestellten Konzeptes gewählt. Es handelt sich dabei um einen Handheld-Computer mit verhältnismäßig großem Touch-Screen und einer virtuellen Tastatur zur Eingabe mittels eines Eingabestiftes. Er wurde für den mobilen Einsatz besonderes robust und energiesparend entworfen. Es ist ein Barcode-Scanner integriert und auch die Datenübertragung mit Hilfe eines kabellosen Funknetzwerkes ist möglich. Der Anschluss eines GPS-Empfängers ist möglich. Das Gerät eignet sich somit besonders gut für die Integration der gewünschten Funktionalitäten und ist handlich genug für den Einsatz vor Ort.



Abbildung 3: Portable Pen Terminal 2800 (aus [5])

4.2 Benutzerschnittstellen

Mobile EDV Geräte sind für den Einsatz vor Ort entworfen. Die Ein- und Ausgabegeräte sollen dementsprechend an die Nutzung durch einen sich bewegenden Benutzer angepasst sein. Bei den handelsüblichen Kleinstcomputern sind normalerweise stark verkleinerte Bildschirme und Tastaturen vorhanden, andere Eingabemöglichkeiten sind Touchscreens oder Handschrifterkennung. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, neben der Auswahl der geeigneten Geräte, die Entwicklung passender Konzepte zur Mensch-Maschine-Interaktion. Wenn mobile Geräte mit entsprechenden Anwendungen zur Unterstützung des Benutzers bei der Erfüllung von vor Ort zu erledigenden Aufgaben (hier: Datenerfassung an den Grundwassermessstellen) eingesetzt werden, ist die Konzentration des Benutzers auf die eigentliche Aufgabe gerichtet und nicht auf den Computer. Dieser sollte möglichst einfach zu handhaben sein und an der Aufgabe orientierte Benutzungsschnittstellen vorhalten. So muss sich z.B. bei der Ausgabe auf dem Bildschirm die Darstellung an dessen geringer Größe orientieren und sollte sich auf das Nötigste beschränken.



Abbildung 4: Dialoge zur mobilen Erfassung von Grundwasserdaten

Bei der Umsetzung des beschriebenen Konzeptes ist der Bildschirm des Handheld-Computers als Ausgabegerät ausreichend. Die Eingabe der Messwerte und die Navigation durch das System erfolgen über den Touch-Screen durch Auswahl von Steuerelementen oder Eingabe über die virtuelle Tastatur. Dadurch ist vorläufig keine freihändige Bedienung während des Messvorganges möglich, nur der Einsatz einer Sprachschnittstelle könnte die freihändige Eingabe von Daten ermöglichen. Die Interaktion des Benutzers mit dem System wird aber durch die konsequente Nachbildung des Arbeitsablaufes vor Ort auf das Nötigste reduziert. Besonders die Vorauswahl der zu besuchenden Messstellen als Messroute und die automatische Plausibilitätsprüfung prägen den vorgegebenen Ablauf (siehe Abbildung 2).

4.3 Datensynchronisation mit XD

Das mobile Datenerfassungsmodul tauscht mit der lokalen Datenbank des Basismoduls Daten aus. Diese Transaktionen finden im Rahmen von Synchronisationen vor und nach der Begehung statt. Für die Implementierung des Prototyps wurde die Entwicklungskomponente der Software XD der Firma Signalkontor [6] gewählt. Diese erleichtert als Plattform für dynamische und interaktive Anwendungen für mobile Endgeräte die effiziente Umsetzung von synchronisationsbasierten Programmabläufen. Die Software XD nutzt Scripting Technologien sowie HTML und sie unterstützt schwerpunktmäßig den effektiven Datenaustausch von mobilen Anwendungen.

Der Datenaustausch wird durch die XD Server Software durchgeführt, die, vom Basismodul auf dem stationären Computer aus, die Daten auf das mobile Gerät überträgt bzw. die neuen Werte zurück in die lokale Datenbank schreibt. Zur Unterstützung dieser Transaktionen wird auf dem Handheld neben den Datentabellen, die alle notwendigen Informationen für den Programmablauf und die neu erfassten Werte enthalten, noch eine gespiegelte Tabelle mit den Änderungen vorgehalten. Der XD Server bietet zudem Standardverbindungen zu verschiedenen Datenbanktypen und unterstützt die Benutzerverwaltung für den Zugriff mit Hilfe der mobilen Anwendungen.

Die Programmlogik ist auf dem mobilen Computer als Client mit Java Script implementiert. Die Anwendungen laufen in der Browserumgebung auf dem mobilen Gerät, die Benutzeroberflächen

sind in HTML entwickelt. Das Kernstück der Anwendung ist der XD Client, der, vergleichbar mit einem Web-Server, die internen Datenbankabfragen, Verarbeitung der Scripte, Darstellung der HTML-Seiten etc. ermöglicht. Er übernimmt alle Transaktionen mit dem Betriebssystem, so dass dieses bei der Entwicklung von Anwendungen nicht berücksichtigt werden muss. Dadurch können mit diesem Werkzeug erstellte Programme auf verschiedenen mobilen Computern eingesetzt werden.

Die XD Plattform unterstützt neben rein synchronisationsbasierten Programmabläufen auch einen kombinierten online/offline Datenzugriff. Dieses Konzept soll den Zugriff auf serverbasierte Datenquellen online ermöglichen, um aktuelle Daten auszutauschen und gleichzeitig die Transaktions- und Verbindungskosten einer mobilen Anwendung minimieren. Einzelne Datenfelder der lokalen Datenbank (auf dem mobilen Computer) können mit dem entfernten Serversystem verknüpft werden, um diese bei Bedarf über eine online Verbindung zu aktualisieren.

4.4 Plausibilitätskontrollen der erfassten Messdaten

Um Messfehler direkt erkennen und eliminieren zu können, wird eine fachliche Bewertung und Einschätzung der Messdaten vor Ort ermöglicht. Es wird bei der Erfassung der Messwerte mit dem mobilen Datenerfassungsmodul die Plausibilitätskontrolle anhand von voreingestellten Kriterien mit vorgegebenen Vergleichs- und Grenzwerten überprüft. Diese wurden aus dem Basismodul übernommen. Als Ergebnis wird ausgegeben, ob die Kriterien eingehalten wurden oder nicht (siehe Abbildung 4). Der Anwender kann ggfs. durch eine weitere Messung sofort überprüfen, ob ein Fehler aufgetreten ist und den korrekten Wert eingeben. Auf diese Art können besonders die Fehler, die aus einem Fehlverhalten des Anwenders resultieren, wie Tippfehler, sogenannte Zahlendreher etc. zuverlässig verhindert werden. Neben der automatischen Plausibilitätskontrolle stehen dem Benutzer auch visuelle Darstellungen der Datenhistorie zur Verfügung. Diese sollen den Benutzer bei seiner persönlichen Einschätzung der erfassten Werte unterstützen, wenn ein Wert als nicht plausibel eingestuft wurde und nur optional eingesetzt werden. Wichtiger ist die Verwendung passender, arithmetischer Prüfungsverfahren zur automatischen Bewertung aller Daten.

Datenmaterial, bei dem der Schwankungsbereich der korrekten Daten nicht sehr hoch ist, kann gut mit Hilfe statistischer Verfahren auf Plausibilität überprüft werden, auch der Grundwasserstand gehört zu dieser Art von Daten. Deswegen ist es sinnvoll, die Messwerte mit Hilfe von arithmetischen Verfahren in Verbindung mit Vergleichswerten wie Grenzwerten, Ergebnissen vorhergehender Messungen oder Werten, die an anderen Messstellen erfasst wurden, zu testen.

Das Basismodul Grundwasser-Online ermöglicht für die Messgröße Grundwasserstand die Auswahl der Plausibilitätskriterien unterer Grenzwert, oberer Grenzwert und maximaler Abstand zum vorhergehenden Wert. Mit passenden Vergleichs- und Grenzwerten können diese als Standardkriterien für alle Messstellen genutzt werden oder es können für einzelne Objekte spezielle Kriterien festgelegt werden, die besser an die konkreten Bedingungen angepasst sind. Falls für eine Messstelle spezielle Kriterien vergeben werden, überschreiben diese die Standardkriterien. Es müssen nicht alle Kriterien aktiviert sein, es wird für jede Messstelle in der Datenbank festgehalten, welche Kriterien mit welchen Werten zur Plausibilitätsprüfung herangezogen werden. Dabei ist es wichtig, dass ein fachkundiger Anwender für den konkreten Einzelfall entscheidet, welche Kriterien mit welchen Vergleichswerten gewählt werden. Besonders geeignet erwies sich allerdings das Kriterium des Abstands zum Vorwert, da die

Grundwasserstände sich relativ langsam verändern und die Ergebnisse zeitlich nahe beieinander liegender Messungen meist nur wenig abweichen. Das Basismodul bietet bei der Festlegung Hilfestellung und ermöglicht die Einbindung von statistischen Auswertungen der bereits vorhandenen Messwerte.

4.5 Positionsbestimmung mit Hilfe von GPS

Zur Unterstützung der Arbeit mit dem Handheld-Computer können GPS-Geräte die Information über die genaue, aktuelle Position liefern. Gerade bei der Datenerfassung vor Ort ist die zusätzliche Umgebungsinformation sinnvoll einsetzbar. Es ist möglich, unter Verwendung von digitalem Kartenmaterial die genauen Positionen der aufzusuchenden Messstellen darzustellen und den Benutzer von seiner aktuellen Position dorthin zu navigieren. Die Messstellen können also selbst in unwegsamem Gelände und unter erschwerten Bedingungen leicht aufgefunden werden, was zu einer erheblichen Zeitersparnis führen kann. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein genauer Positionsdaten zu allen Messstellen. Wenn nötig müssen diese zuerst eingemessen werden, um für spätere Begehungen zur Verfügung zu stehen, so sind im Grundwasser-Online Projektgebiet die Positionsdaten der Messstellen teilweise unvollständig oder nur ungenau. Deswegen bietet das mobile Datenerfassungsmodul neben der Führung zu den einzelnen Messstellen der vorgegebenen Route auf der Grundlage der vorhandenen Koordinaten auch die Möglichkeit, an aufgefundenen Messstellen deren Positionsdaten neu zu erfassen. Diese können direkt gespeichert werden und aktualisieren die Koordinaten.

Die automatische Identifizierung der Messstellen über deren geographische Lage verhindert Fehler bei der Zuordnung der Messwerte. Die aktuelle Position wird dazu mit den gespeicherten Positionsdaten der vorhandenen Messstellen verglichen, um den Standort über die ungefähre Übereinstimmung der Koordinaten zu bestimmen. Alternativ ist auch eine Identifizierung mittels Barcodes, die an den Messstellen angebracht werden, möglich. Diese können von einem Barcode-Scanner gelesen und ausgewertet werden, der als Aufsatz an den Handheld-Computer angeschlossen werden kann. Für die Navigation und die Identifikation von Messstellen ist eine Genauigkeit der Positionsdaten im Meterbereich ausreichend, da üblicherweise nur eine Messstelle im Umkreis mehrerer Meter zu finden ist. Allerdings sollte für die Erstellung neuer Positionsdaten eine hohe Genauigkeit, möglichst im Zentimeterbereich gewählt werden.

Das „NAVigation System using Time And Ranging - Global Positioning System“ (NAVSTAR GPS) versorgt durch die Auswertung der Signale von Satelliten einen GPS-Empfänger weltweit mit Informationen über seine Position (geographische Länge, Breite und Höhe), Geschwindigkeit sowie über die Zeit. Es werden in Echtzeit mittlerweile Fehler von unter 20 m erreicht, bei leistungsfähigen Empfängern sogar 3 – 5 m. Eine weitere Verminderung des Fehlers wird durch den Einsatz von Differential GPS (DGPS) erzielt. Dabei wird eine GPS Basisstation über einem Festpunkt installiert. Aus der mit GPS gemessenen und der bekannten Position wird der Messfehler ermittelt. Zur Echtzeit-Korrektur werden heute in ganz Deutschland Korrektursignale ausgestrahlt, die bereits während der Messung von DGPS-Empfängern berücksichtigt werden können, wodurch der Messfehler bis auf 1– 5 cm reduziert werden kann [7].

Ein an den Handheld-Computer angeschlossener GPS-Empfänger kann also die aktuelle Positionsbestimmung in der Genauigkeit liefern, die benötigt wird.

5 Zusammenfassung

Durch die Integration mobiler, digitaler Erfassungsgeräte in ein ganzheitliches Informationssystem zur Grundwasserbewirtschaftung wird ein komfortables Werkzeug für zielorientierte und unternehmensübergreifende Bewirtschaftungsmaßnahmen geschaffen.

Gerade bei der Eingabe und Auswertung von Mess- und Mengendaten kommt der Richtigkeit der Daten eine hohe Bedeutung zu. Das vorgestellte Konzept zur mobilen Datenerfassung in der Grundwasserbewirtschaftung stellt mit der prototypischen Umsetzung eine kostengünstige Alternative zu dem jetzigen, fehleranfälligen Vorgang dar. Durch qualifizierte Führung des Benutzers und angepasste Benutzerschnittstellen werden die Arbeitsabläufe vereinfacht und Fehlerquellen minimiert, so dass eine Qualitätsverbesserung des Datenbestandes erreicht wird. Bei einer Verwendung der vorhandenen Daten zu Analysen oder anderen wasserwirtschaftlichen Berechnungen trägt der verbesserte Datenbestand zu einer effizienten Grundwasserbewirtschaftung bei.

Die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine wird durch den praktischen Einsatz des Prototyps im Projektgebiet evaluiert, um eine Optimierung der Schnittstellen erreichen zu können.

6 Literatur

- [1] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie – Fachgebiet Wasser – Grundwasser, www.hlug.de/medien/Wasser/gw.htm
- [2] Grundwasser-Online - Zukunftsweisende Überwachung und Steuerung der Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried, www.grundwasser-online.de
- [3] Rüppel, U., Meißner, U. F., Gutzke, T., Diaz, J., Seewald, G.: An Internet-based Groundwater Information System, Computational Methods in Water Resources, Delft, 2002
- [4] Gramsdorff, Simon: Dynamische Diagrammgenerierung zur Aufbereitung von Fachinformationen bei der Grundwasserbewirtschaftung und zur Plausibilitätsprüfung bei der Eingabe von Mess- und Mengendaten, Darmstadt, 2002
- [5] www.symbol.com
- [6] XD, Version 1.6, Programmer's Guide, Signalkontor, Hamburg, www.signalkontor.com
- [7] Strauß, R.: Der Satellitenpositionierungsdienst der Landesvermessung (SAPOS) in Hessen, in: DVW Mitteilungen 1/2000, DVW Landesvereine Hessen e.V. und Thüringen e.V., 2000
- [9] Skriptum zu GPS, Institut für Physikalische Geodäsie, TU Darmstadt, III. Auflage, 1996
- [8] Kuhn, T., Meissner, I.: Mobile, GPS-gestützte Erfassung von Deponiekörperdaten, Forum Bauinformatik 2002, Fortschritt-Berichte VDI (Reihe 4/Nr. 181), 2002