

# Datenakquisition in der Hydrologie – Anwendungen in der Erkundung und Überwachung von Trinkwasserressourcen

*Hydrological Data Acquisition – Applications in Exploration and Surveillance of Drinking Water Resources*

H. STADLER<sup>1)</sup>, P. SKRITEK<sup>2)</sup>, D. PINDEUS<sup>3)</sup>, W. ZEROBIN<sup>4)</sup> & A. H. FARNLEITNER<sup>5)</sup>

## Inhalt

	Seite
1. Einleitung.....	104
2. Rückblick .....	104
3. Begriffsbestimmungen .....	105
4. Derzeitiger Stand.....	106
4.1. Kontinuierliche Datenübertragung mittels LEO-Satelliten .....	106
4.1.1. Fallbeispiel Hofingerquelle .....	107
4.1.1.1. Beschreibung.....	107
4.1.1.2. Aufbau.....	109
4.1.1.3. Messsystem.....	110
4.1.1.4. Messdaten.....	111
4.2. Ausfallfreie, duale Datenübertragung.....	111
4.3. Messstellenvernetzung mittels Satellitenkommunikation .....	113
4.3.1. Ereignismonitoring.....	113
4.3.1.1. Technische Beschreibung.....	113
4.3.2. Ereignisbeprobung.....	114
4.3.2.1. Technische Beschreibung.....	115
4.3.2.2. Fallbeispiel mikrobiologische Ereignisbeprobung an Karstquellen.....	117

<sup>1)</sup> Mag. Dr. Hermann STADLER, Institut für WasserRessourcenManagement, Hydrogeologie und Geophysik, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Elisabethstraße 16/II, 8010 Graz, Österreich. E-Mail: hermann.stadler@joanneum.at

<sup>2)</sup> FH-Prof. DI Paul SKRITEK, Fachhochschule Technikum Wien, Institut für Telecommunications & Internet Technologies, Höchstädtplatz 5, 1200 Wien, Österreich. E-Mail: paul.skritek@technikum-wien.at

<sup>3)</sup> DI Dietmar PINDEUS, Logotronic computergesteuerte Geräte und Anlagen Gesellschaft m.b.H., Phorusgasse 8, 1040 Wien, Österreich. E-Mail: pindeus@logotronic.co.at

<sup>4)</sup> DI Dr. Wolfgang ZEROBIN, Magistratsabteilung 31 – Wasserwerke, Grabnergasse 4–6, 1060 Wien, Österreich. E-Mail: wolfgang.zerobin@wien.gv.at

<sup>5)</sup> Privatdoz. Mag. Dr. rer. nat. Andreas FARNLEITNER, Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Getreidemarkt 9, 1060 Wien, Österreich. E-Mail: andreas.farnleitner@tuwien.at

4.4. Qualitätsüberwachung .....	119
4.4.1. Ausgangspunkt .....	119
4.4.2. Zwei-Elektroden-Messzelle .....	119
4.4.3. Vier-Elektroden-Messzelle .....	120
4.4.4. Bestimmung der Sondenqualität .....	121
4.4.4.1. Ablauf der Leitfähigkeitsmessung .....	121
4.4.4.2. Technische Umsetzung und Feldtests mit dem neu entwickelten Leitfähigkeitsinterface .....	122
4.5. Webportal .....	123
5. Ausblick und weitere Entwicklungen .....	125
Zusammenfassung .....	126
Literatur .....	126
Summary .....	128
Dank .....	128

## 1. Einleitung

Der Beschaffung von Messdaten wurde im Bereich der Hydrologie und Hydrogeologie schon frühzeitig breiter Raum gewidmet, gehört doch die Auswertung von Zeitreihen zum Kanon klassischer hydrologischer Methoden. Nachdem über einen langen Zeitraum fast ausschließlich Wasserstandsaufzeichnungen von Pegelschreibern die einzigen kontinuierlich aufgezeichneten Messdaten darstellten, die ausschließlich im Zyklus der Messstellenbetreuung akquiriert wurden, setzte im Bereich der Hydrologie vor etwa 20 Jahren eine bis heute anhaltende Entwicklung ein, die sowohl die Erweiterung der Palette messbarer hydrologisch relevanter Parameter bewirkte als auch daran anknüpfend unterschiedliche Akquisitionsmöglichkeiten eröffnete. Am Institut für WasserRessourcenManagement (WRM) der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH wurden kontinuierlich entsprechende Kompetenzen aufgebaut, wobei die Datenakquisition, die Validierung der Einsatzmöglichkeiten neuer Sensoren und Messgeräte sowie Vernetzungsmöglichkeiten von Messsystemen in Überwachungs- und Frühwarnsystemen die Schwerpunkte darstellten. Im Rahmen mehrerer Projekte des „Kompetenznetzwerkes „Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung“ (Knet Wasser) konnten verschiedene Bereiche am WRM verstärkt weiterentwickelt und unter Feldbedingungen getestet und eingesetzt werden. Der vorliegende Artikel soll einen kurzen Überblick über die Entwicklungen auf diesem Gebiet, den derzeitigen Stand der Einsatzmöglichkeiten und einen Ausblick auf weitere Trends geben.

## 2. Rückblick

Mit dem Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme am WRM (vormals IGH, IHG) wurde 1991 begonnen. Bereits vorher wurden immer wieder einzelne Systeme getestet und waren im Einsatz, die technische Entwicklung machte jedoch eine umfangreichere, den Qualitätsansprüchen gerecht werdende Anwendung erst ab diesem Zeitpunkt möglich. Die im Zuge der Einführung durchgeführten Tests überprüften schwerpunktmäßig sowohl die Qualität der gemessenen Standardparameter (Pegelstand, Leitfähigkeit und

Temperatur) als auch die Handhabung und die Einsatzmöglichkeiten der neuen, digitalen Messgeräte.

Am 23. 9. 1999 wurde im Rahmen eines Beweissicherungsprogramms die erste Datenübertragung hydrologischer Messwerte in Betrieb genommen, die in dieser Konfiguration noch heute in Betrieb ist. Diese Übertragung basiert auf einem Zeitschlitzverfahren im GSM-Netz (GSM: Global System for Mobile Communications), wobei wöchentlich die Daten übertragen werden.

Am 9. 5. 2001 wurde die erste Datenübertragung mittels LEO-Satelliten (LEO: Low Earth Orbit) an der Teufelskirche in Oberösterreich erfolgreich durchgeführt. Es folgten mehrere Langzeittests an unterschiedlichen Standorten, die vor allem wegen fehlender terrestrischer Kommunikationsstrukturen ausgewählt wurden. Diese Standorte lagen alle in alpinem Gelände. Viele dieser Testmessungen wurden mit tatkräftiger Unterstützung der Wiener Wasserwerke und der Zentralwasserversorgung Hochschwab Süd durchgeführt.

Bereits im August/September 2003 erfolgte mit diesen neuen Messwerterfassungssystemen in Kombination mit den am Institut entwickelten Lichtleiterfluorimetern ein erster Markierungsversuch in der Lurgrotte (R. BENISCHKE et al., 2003).

Im Bereich hydrogeologischer Untersuchungen konnte mit den sich vergrößernden Einsatzmöglichkeiten dieser Messwerterfassungssysteme dem bereits früher vorhandenen Wunsch zu In-situ-Messungen verstärkt Rechnung getragen werden. Durch die verbesserten Möglichkeiten der Fernübertragung von Umweltmessdaten wurden auch neue Begriffe in der Hydrologie eingeführt.

### **3. Begriffsbestimmungen**

#### **In-situ-Messung**

Der aus dem Lateinischen abgeleitete Begriff Messung bezeichnet die Messung der (hydrologischen) Vorgänge vor Ort, wo diese in natürlicher Umgebung auftreten, im Gegensatz zu Messungen in präparierter oder anderer künstlicher Umgebung.

#### **Onlinemessung**

Der aus dem Englischen entlehnte Begriff „online“ bedeutet heute mehr und mehr die aktive Verbindung eines Objekts mit einem elektronischen Netzwerk. Im deutschsprachigen Raum wird damit aber auch eine bestehende Verbindung über z. B. eine Telefonleitung verstanden. In diesem Sinne ist unter einer „Onlinemessung“ eine „verzögerungsfreie“ oder nahezu „verzögerungsfreie“ (fern)übertragene Messung zu verstehen.

#### **Zeitschlitzverfahren**

Damit werden in der Übertragungstechnik Methoden benannt, bei denen nur in vordefinierten Zeitspannen (Zeitschlitz) Datenübertragungen durchgeführt werden können. Sie werden hauptsächlich im Bereich GSM-Übertragung, diversen Funkübertragungen und meteorologischen, geostationären Satellitensystemen der ersten Generation angewendet. Teilweise bieten diese Systeme auch die Möglichkeit verzögerungsfreie Alarmmeldungen abzusetzen oder für beschränkte Zeiträume (oder Datenvolumina) auf verzögerungsfreie Übertragung umzuschalten.

#### **Echtzeit**

Dieser Begriff ist aus der Informatik entlehnt und ist im Unterschied zu einer softwarekontrollierten „Modellzeit“ zu verstehen. Ist diese Modellzeit synchron zur Echtzeit, spricht man von einem echtzeitfähigen System ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

### **Verzögerungsfrei**

In der Netzwerktechnik charakterisiert man damit die Datenübertragung in (Computer)netzwerken. Da Datenübertragung prinzipiell eine gewisse Zeitspanne beansprucht, wird eine Kommunikation (Datenübertragung) dann als verzögerungsfrei bezeichnet, wenn sämtliche LAN-Pakete (LAN: Local Area Network) mit derselben Verzögerung transportiert werden ([www.syn-wiki.net](http://www.syn-wiki.net)), also keine Schwankungen der Transportzeit (Laufzeit) auftreten.

### **Netzwerk**

Als Netzwerke werden Systeme bezeichnet, deren zugrunde liegende Struktur sich mathematisch als Graph modellieren lässt und die über Mechanismen zu ihrer Organisation verfügen. Der Graph besteht aus einer Menge von Elementen (Knoten), die mittels Verbindungen (Kanten) miteinander verbunden sind. Ein geschlossener Zug aus Kanten und Knoten heißt **Masche**. Dass der Großteil der Knoten zu einer oder mehreren Maschen gehört, ist das eigentliche Kennzeichen eines Netzwerks gegenüber anderen Typen von Strukturen ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

### **Monitoring**

Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung, Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme.

### **Frühwarnsystem**

Das Frühwarnsystem ist eine Einrichtung, die als Warnsystem aufkommende Gefahren frühzeitig erkennt und möglichst schnell darüber informiert. Es soll durch rechtzeitige und umfassende Reaktion helfen, Gefahren abzuwenden oder Folgeerscheinungen zu mildern ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Als „frühzeitige Erkennung“ ist im Bereich der Qualitätsüberwachung von Trinkwasserressourcen eine bevorstehende Überschreitung von Richt- oder Grenzwerten zu verstehen. Meist wird dies nur durch die Vernetzung von unterschiedlichen Messsystemen, teilweise auch an unterschiedlichen Standorten, ermöglicht. Somit kann ein vernetztes Monitoring (Monitoringnetzwerk) als Teil eines Frühwarnsystems verstanden werden.

Wichtige Elemente eines Frühwarnsystems sind: Messung, Datensammlung, Überwachung und Auswertung der Daten, automatische Reaktion/Warnung, Einschätzung und Entwarnung.

## **4. Derzeitiger Stand**

Figur 1 gibt einen Überblick über den derzeitigen Stand der Datenakquisitionsmöglichkeiten mittels LEO-Satelliten, inklusive der ausfallfreien, dualen Datenübertragung (Kap. 4.2.). Dabei werden Satellitenkommunikation und terrestrische Kommunikation (GPRS, General Packet Radio Service) kombiniert.

### **4.1. Kontinuierliche Datenübertragung mittels LEO-Satelliten**

Nahezu verzögerungsfreie Datenübertragung – immer in Verbindung mit redundanter Datenhaltung vor Ort – ist am WRM bereits zum Standard geworden (P. SKRITEK et al., 2002, H. STADLER & P. SKRITEK, 2003). Die GPRS-Übertragungen werden z. B. in ver-

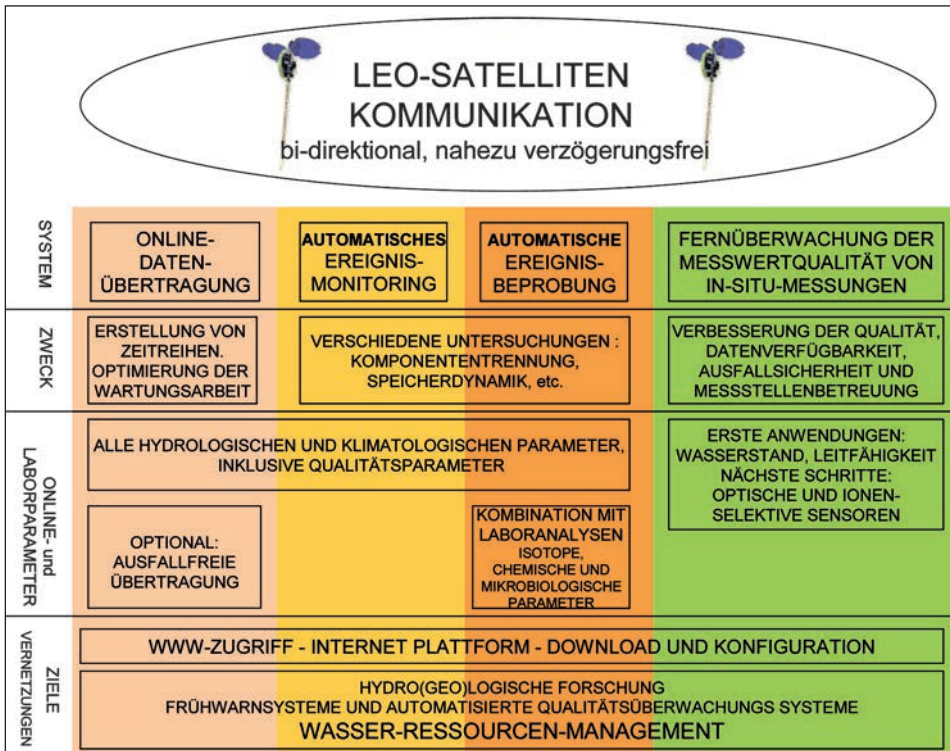


Fig. 1: Einsatzmöglichkeiten der Datenakquisition mittels LEO-Satelliten.  
Field of application of data acquisition via LEO-satellites.

schiedenen Beweissicherungsprojekten ebenso eingesetzt wie im Testgebiet des Instituts (Tanneben/Lurbachsystem). Dabei kommen nach wie vor beide Übertragungssysteme – GPRS und LEO-Satelliten – zum Einsatz. Wegen fehlender Netzabdeckung im GPRS-Bereich und auch aus historischen Gründen werden GSM basierte Zeitschlitzverfahren auch weiterhin eingesetzt.

#### 4.1.1. Fallbeispiel Hofingerquelle

Im „Kompetenznetzwerk Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung“, Netzknotten 2: Nachhaltige Wasserbewirtschaftung im Gebirgsraum, Modul 2.1: Landnutzung und Risikoanalyse, konnte die Anwendbarkeit von satellitengestützter Umweltmessdatenübertragung in hochalpiner Umgebung über einen längeren Zeitraum getestet werden (R. BENISCHKE et al., 2008a, 2008b). Die Messstelle „Hofingerquelle“ war für derartige Untersuchungen besonders geeignet, da sie sowohl energiemäßig als auch im Bereich Kommunikation keinerlei terrestrische Infrastruktur aufweist.

##### 4.1.1.1. Beschreibung

Die Hofingerquelle liegt im Kaiserbachtal auf ca. 660 m ü. A. (Fig. 2) und dient zur Trinkwasserversorgung der Stadt Kufstein.

Das Kaiserbachtal verläuft in diesem Gebiet annähernd E–W, die Horizontüberhöhung beträgt am Messort bis zu 45°, unter Einbeziehung der Vegetation bis zu 82°, nach

S liegt sie bei 60° unter Einbeziehung der Vegetation. Damit ist der Einsatz geostationärer Satellitensysteme (z. B. METEOSAT) nicht möglich (P. SKRITEK, 2007). Ein GSM-Empfang ist an der Quelle und in der Umgebung ebenfalls nicht gegeben.

Neben einer Richtfunkanlage bietet sich unter diesen Bedingungen Satellitenübertragung über LEO-Satelliten an. Diese Systeme bieten den Vorteil, dass sie auch in engen Alpentälern durch ihre Bewegung auf unterschiedlichen Umlaufbahnen zur Datenübertragung zur Verfügung stehen. Es entstehen zwar temporäre Lücken in der Abdeckung, die zu einer Verzögerung der Datenübertragung bis zu etwa fünf Stunden führen können, dies spielt für die gegenständliche Fragestellung aber keine entscheidende Rolle.

Durch die besondere topographische Lage ergeben sich sehr ungünstige Besonnungswerte. Dies ist in einem Kartenausschnitt aus dem Tiroler Informationssystem „tiris“

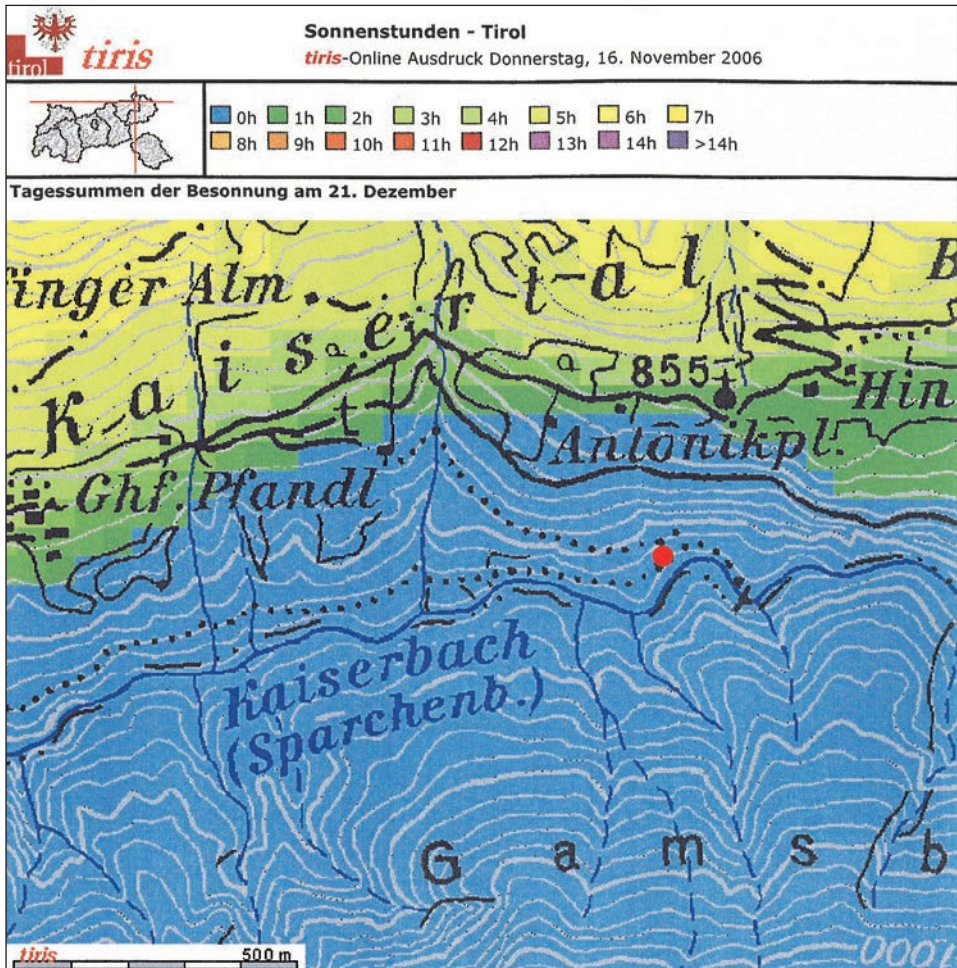


Fig. 2: Sonnenstunden für den 21. Dezember, Bereich Hofingerquelle (Quelle: tiris – Tiroler Rauminformationssystem); rote Markierung: Lage der Hofingerquelle.

Sunshine hours for December 21, area of the Hofinger-Spring (source: tiris – Tiroler Rauminformationssystem); red sign: location of Hofinger-Spring.

ersichtlich. Für den 21. Dezember werden für die Messstelle Hofingerquelle keine Sonnenstunden (theoretisch mögliche Sonnenstunden) verzeichnet (Fig. 2). Dies stellte eine besondere Herausforderung für die Stromversorgung der gesamten Anlage dar. In zwei Ausbausritten wurde die Neigung des Panels vergrößert und die Pannelleistung auf 50 W verdoppelt. Durch die regelmäßige Betreuung der Messstelle durch die Stadtwerke Kufstein (Schneeräumung am Panel) konnte ein lückenloser Betrieb während der beiden Winterzeiträume erreicht werden.

#### 4.1.1.2. Aufbau

Der Stationsaufbau wurde am 19.9. 2006 bei schlechten Witterungsbedingungen durchgeführt (Fig. 3). Durch Feuchtigkeitsprobleme kam es in der Folge zu temporären Datenausfällen. Diese konnten bei einem neuerlichen Besuch am 13.11. 2006 behoben werden. Seither werden ohne Unterbrechung Daten übertragen.

An der Messstelle werden Wasserstand, Leitfähigkeit und Temperatur in der Quellstube gemessen, weiters wird zur Überprüfung des Systems auch die Spannung am Versorgungsakkumulator ermittelt und übertragen. Aufgrund der angespannten Energieversorgungslage wurde schlussendlich das Übertragungsintervall auf eine Stunde fixiert.



*Fig. 3: Messstellenaufbau Hofingerquelle am 19.9. 2006 (Foto: H. STADLER).  
Assembling of measuring site Hofinger-Spring on September 19, 2006 (photo: H. STADLER).*

#### 4.1.1.3. Messsystem

Das an der Hofingerquelle zum Einsatz kommende Mess- und Übertragungssystem wurde an der JOANNEUM RESEARCH in Kooperation mit der Fachhochschule Technikum Wien in den Jahren 2002 bis 2005 entwickelt. Es beinhaltet die Steuerungs- und Übertragungssoftware, die an der Messstelle zum Einsatz kommt. Hardwarebasis dafür stellen Panasonic Satellitenmodems KX-G7101 dar. Die Software, die in diesem Modem die Verbindung zwischen Datensammler und Satellitenübertragung realisiert, wurde an der Fachhochschule Technikum Wien programmiert (F. LUKASCH & P. SKRITEK, 2002) und am WRM weiterentwickelt. Es können drei bis vier vordefinierte Messkanäle übertragen werden. Weiters besteht die Möglichkeit zur Fernkonfiguration verschiedener Übertragungsparameter.

Als zentrale Servereinheit fungiert eine Webplattform auf Linux-Basis, die im Rahmen einer Diplomarbeit (W. HEINER, 2005) entwickelt wurde und ebenfalls am WRM weiterbetreut und gewartet wird.

Diese Webplattform ermöglicht zum einen die Speicherung der Messwerte in einer MySQL-Datenbank, zum anderen die Webabfrage von Graphiken und Messwerten. Die Datenabfrage ist passwortgeschützt. Die Website ist unter <http://wrms002.joanneum.at> erreichbar. Näheres wird in Kap. 4.5. beschrieben.

Zur leichteren Nutzungsmöglichkeit durch die unterschiedlichen Anwender wurde im Juni 2007 auch die Echtzeitberechnung der Schüttung der Hofingerquelle integriert.

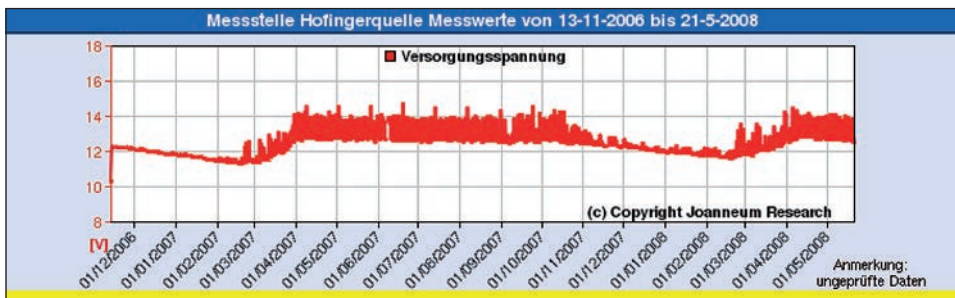


Fig. 4: Spannungsverlauf der Solarversorgung Hofingerquelle vom 13. 11. 2006 bis 21. 5. 2008.  
Voltage curve of the solar unit Hofinger-Spring from November 13, 2006 to May 21, 2008.

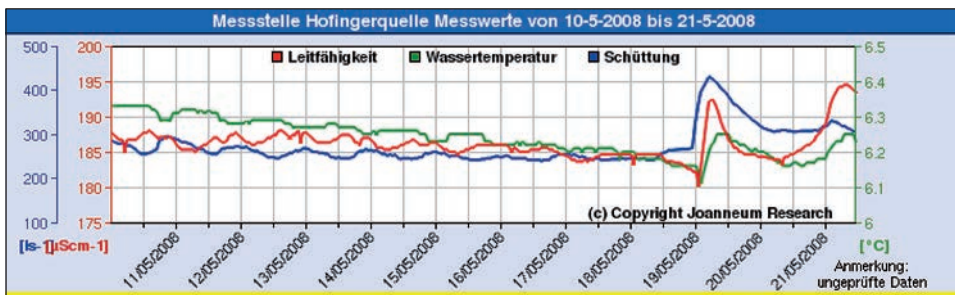


Fig. 5: Verlauf von Schüttung, Leitfähigkeit und Wassertemperatur der Hofingerquelle vom 10. 5. 2008 bis 21. 5. 2008.  
Time series of discharge, conductivity and temperature of Hofinger-Spring from May 10, 2008 to May 21, 2008.



#### 4.1.1.4. Messdaten

In Fig. 4 ist der Spannungsverlauf an der Solarversorgung des gesamten Übertragungszeitraums vom 13. 11. 2006 bis 21. 5. 2008 ersichtlich. Mitte bis Ende Februar werden jeweils die tiefsten Spannungen gemessen, dann beginnen die Tagesgänge der Ladezyklen. Bereits Anfang bis Mitte April ist der Akkumulator wieder vollständig geladen. Weiters zeigt diese Darstellung, dass es im gesamten Übertragungszeitraum zu keinen Datenausfällen gekommen ist.

In Fig. 5 sind die Messwerte der letzten 12 Tage des Übertragungszeitraums an der Høfingerquelle ausgewählt. Zur leichteren Lesbarkeit sind hier nur Schüttung, Leitfähigkeit und Wassertemperatur dargestellt. Es liegen natürlich auch Wasserstand und Spannung vor. Deutlich zu erkennen sind die Tagesgänge der Schneeschmelze, wobei naturgemäß die Parameter gegeneinander verschoben sind.

### 4.2. Ausfallfreie, duale Datenübertragung

Bei kritischen Anwendungen wie z. B. einem Hochwasser-Warnsystem ist es notwendig, wichtige Messdaten möglichst zeitnah auf zentrale Server zu übertragen, um diese in entsprechenden Datenbanken für weitere Berechnungen und Simulationsmodelle bereitzustellen. Das Mobilfunksystem GPRS bietet dabei eine gute Möglichkeit, solche Messdaten kostengünstig und nahezu verzögerungsfrei zu übertragen. Das Problem bei GPRS ist allerdings die eingeschränkte Datenverfügbarkeit bei Netzausfällen und Überlastungen, wie sie in Krisensituationen (z. B. Hochwasser) auftreten können. Dies führt zu Problemen bei der Verwendung in Warnsystemen, da es zu Datenausfällen und Datenverlusten kommen kann.

Um eine lückenlose und ausfallsichere Datenübertragung zu gewährleisten, wurde am WRM ein System entwickelt, welches eine duale Übertragung mittels GPRS und über Kommunikationssatelliten ermöglicht. Der Vorteil der Satellitenübertragung ist eine wesentliche Erhöhung der Ausfallsicherheit, da keine terrestrische Infrastruktur notwendig ist.

Bei dieser dualen Datenübertragung sind die Kommunikationsgeräte (Satellitenmodem und GPRS-Modem) jeweils über eine serielle Schnittstelle mit einem Datensammler an der Messstelle verbunden. Der Datensammler misst und speichert wichtige Sensordaten (wie Wasserstand, Leitfähigkeit und Temperatur) in periodischen Zeitabständen. Diese gespeicherten Daten werden in der Regel über das GPRS-Netzwerk an einen FTP-Server (FTP: File Transfer Protocol) übertragen und stehen dem Anwender für weitere Verarbeitungen zur Verfügung (Fig. 6).

Der Datensammler an der Messstation überprüft dabei immer den Status der Datenübertragung. Konnte eine Nachricht nicht korrekt an den Server übermittelt werden (z. B. aufgrund eines Netz- oder Serverausfalls), generiert der Datensammler eine Alarmmeldung. Aufgrund dieses Alarms wird ein Relais geschaltet, welches das Satellitenmodem aktiviert. Das Satellitenmodem schickt daraufhin eine Nachricht mit den Werten der letzten Messperioden, über das aktuell verwendete ORBCOMM-Satellitenkommunikationssystem, einem LEO-Satellitensystem, an eine so genannte „Satelliten-Bodenstation“ (GES: Gateway Earth Station). Von dort wird die Nachricht an einen E-Mail-Server weitergeleitet und steht wiederum dem Anwender für weitere Verarbeitungen zur Verfügung (Fig. 7).

Bei der Datenübertragung mittels Satellitenkommunikationssystem werden absichtlich mehrere Messperioden übertragen und damit eine Datenredundanz in Kauf genommen, um einen Datenverlust zu vermeiden. Die Übertragung der Messwerte über LEO-Satelliten benötigt eine wesentlich längere Zeit als die Übertragung mittels GPRS.

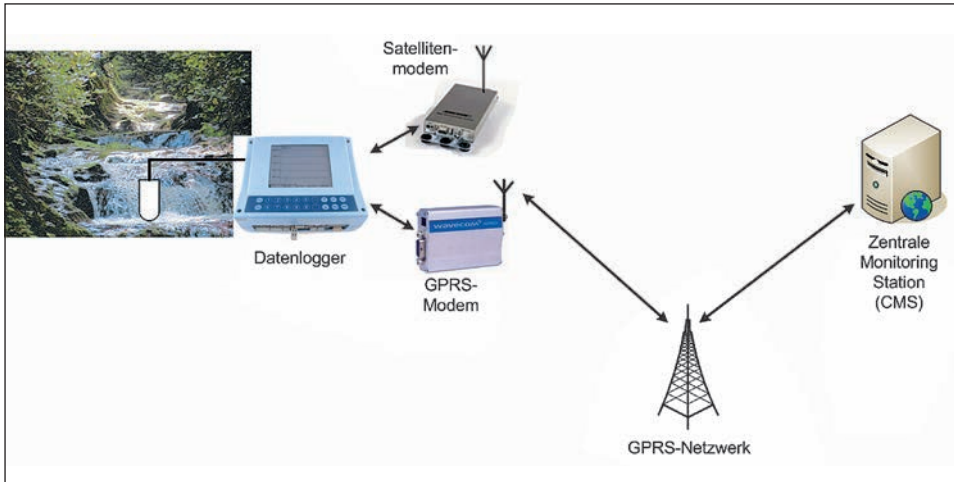


Fig. 6: *Datentransfer mittels GPRS-Netzwerk.*  
*Data Transfer via GPRS network.*

Wesentlich wichtiger ist allerdings die Vermeidung von Datenlücken, um eine ausfallsichere Übertragung zu gewährleisten. Figur 8 zeigt die unterschiedlichen Verzögerungszeiten, vom Messzeitpunkt bis zum Eintreffen der Daten am lokalen Server, für die beiden Übertragungsmöglichkeiten. Der Ausfall des GPRS-Netzwerks wurde durch Ausschalten des Modems simuliert.

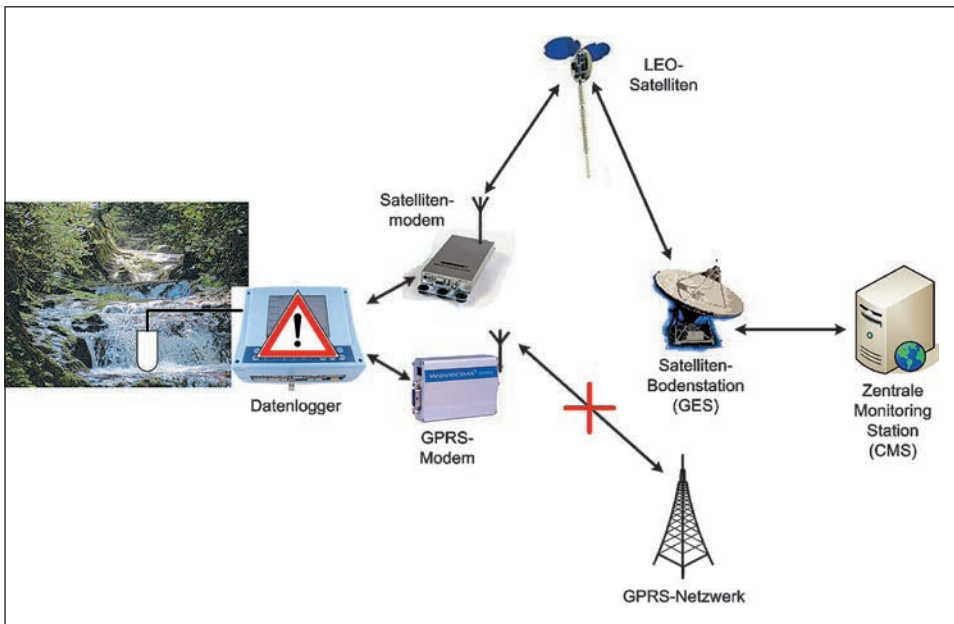


Fig. 7: *Datenübertragung mit LEO-Satelliten bei Ausfall der GPRS-Übertragung.*  
*Data transfer via LEO satellites in case of GPRS breakdown.*

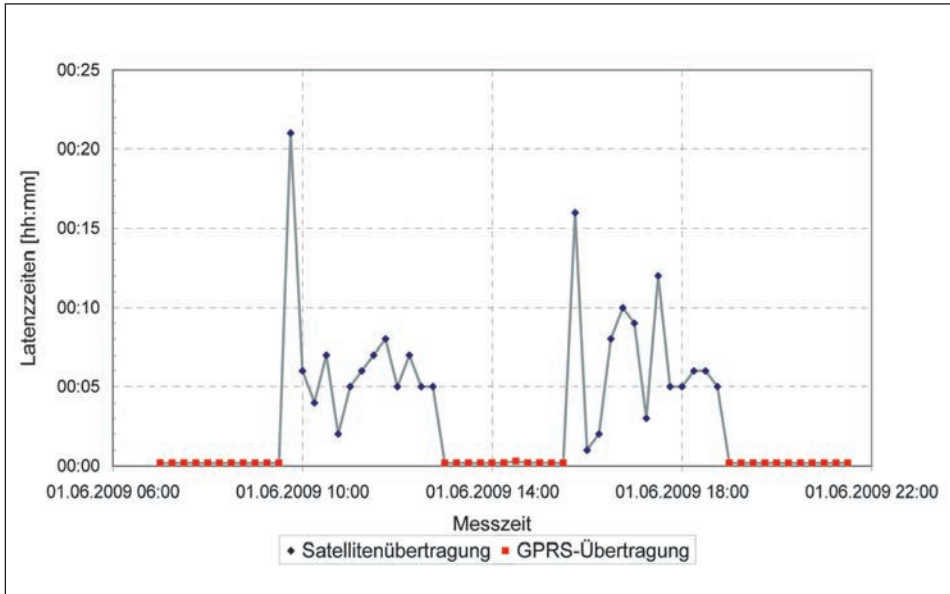


Fig. 8: Verzögerungszeiten der unterschiedlichen Datenübertragungswege.  
 Delay times of the different data transmissions.

Die übertragenen Nachrichten (sowohl bei GPRS als auch Satellitenübertragung) sind gemäß dem Standard RFC3545 der Base64-Methode (T. KOREN et al., 2003) kodiert. Dies sichert die korrekte Übertragung der Daten, auch über ältere Protokolle.

### 4.3. Messstellenvernetzung mittels Satellitenkommunikation

Die oben dargestellte Mess- und Übertragungseinrichtung an der Hofingerquelle kann als Basis für vernetzte Messstellen in einem Untersuchungsgebiet dienen. Dabei sind unterschiedliche Konfigurationen möglich, von Peer-to-Peer-Vernetzungen (z. B. synchrone Konfiguration verschiedener Quellbeobachtungsstellen während Beprobungskampagnen) bis zu Netzwerken für getriggerte Ereignisbeprobung oder Ereignismonitoring.

#### 4.3.1. Ereignismonitoring

##### 4.3.1.1. Technische Beschreibung

In Fig. 9 sind die Konfiguration und die Datenströme eines einfachen Messnetzes zum automatisierten Ereignismonitoring dargestellt. Es handelt sich um eine Quellbeobachtungsstation, eine Niederschlagsstation und eine zentrale Monitoringstation (CMS). Im Folgenden ist ein möglicher Ablauf zum automatisierten Ereignismonitoring dargestellt, die Nummern der Datenströme beziehen sich auf Fig. 9.

Überschreitet die Niederschlagsintensität an der Niederschlagsstation einen vorgewählten Trigger (dieser kann bis hin zur Auflösung des Niederschlagsmessgerätes reduziert werden), sendet die Station ein Steuersignal (Datenstrom 1) an die Quellmessstelle und gleichzeitig beginnt sie die aktuellen Niederschlagsdaten an die CMS (Datenstrom 2) zu senden.

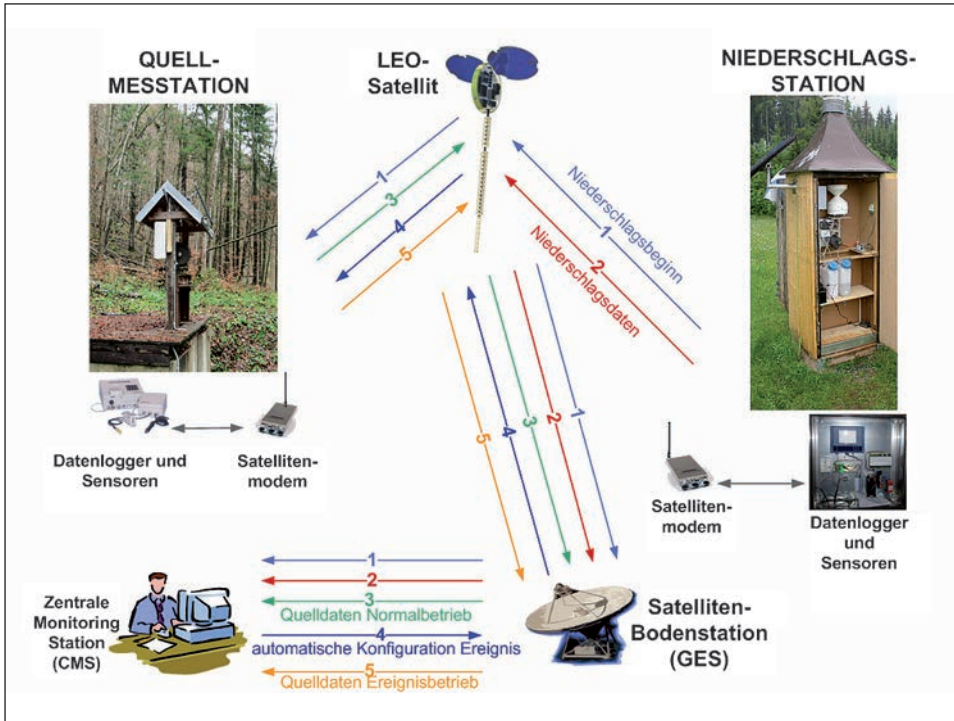


Fig. 9: Messstellenvernetzung zum getriggerten Ereignismonitoring.  
 Networking of measuring sites for triggered event monitoring.

Die Quellmessstation befindet sich zum Zeitpunkt des Erhalts des Niederschlagstriggers im Normalbetrieb. Dies bedeutet, sie sendet in vordefinierten Zeitintervallen (z. B. eine Stunde) Quellmessdaten an die CMS (Datenstrom 3). Durch Erhalt des Triggersignals von der Niederschlagsstation wechselt die Quellmessstation in einen „Ereignisbetrieb“ und sendet die Messdaten in einem kürzeren, vordefinierten Zeitraum (z. B. fünf Minuten, Datenstrom 5). Während des Ereignisses können durch Postprocessing der Niederschlags- und Quellmessdaten in der CMS weitere, automatisierte Konfigurationsänderungen durchgeführt werden (Datenstrom 4). Sie werden von der CMS gesteuert. Als zweiter Trigger kann z. B. der Verlauf des Niederschlagsereignisses oder die Schüttungsänderung an einer oder mehreren Messstellen herangezogen werden.

#### 4.3.2. Ereignisbeprobung

Die Beprobung von Ereignissen ist ein wichtiger Bestandteil hydrogeologischer Untersuchungen, welche sowohl im Bereich Ressourcenerkundung als auch auf dem Gebiet des Ressourcenschutzes zum Einsatz kommt. Besonders für den Schutz von Trinkwasserressourcen gewinnen stoffbezogene Ereignisbeprobungen mehr und mehr an Bedeutung. In diesem Rahmen wird auch verstärkt die Kombination der Beprobung mit Onlineparametern aus Qualitätsüberwachungssystemen angestrebt. Dies ermöglicht detaillierte, zeitlich hoch aufgelöste Aussagen über die Abfluss- und Speicherdynamik von Quellen und über das Transportverhalten unterschiedlicher Kontaminanten sowie unterschiedlicher Komponenten des im Zuge eines Ereignisses zum Abfluss gelangenden Wassers.

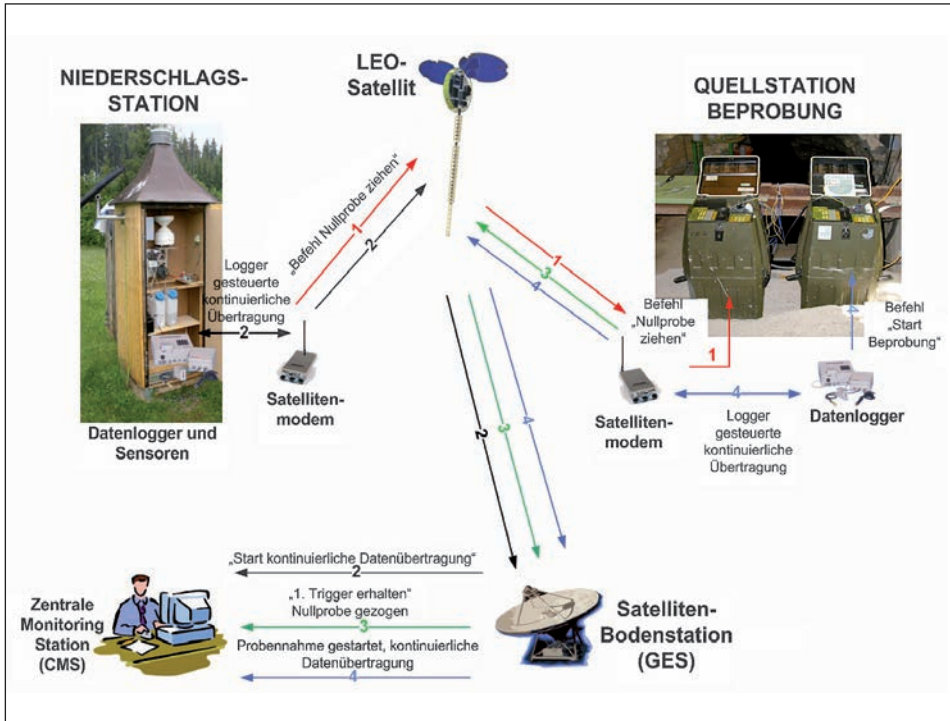


Fig. 10: Systemaufbau zur automatisierten Ereignisbeprobung.  
*Assembling for automated event sampling.*

#### 4.3.2.1. Technische Beschreibung

Die Datenströme im Fall einer niederschlagsgesteuerten, automatisierten Ereignisbeprobung verlaufen ähnlich, wie für das Ereignismonitoring bereits dargestellt worden ist. In Abänderung werden jedoch zusätzlich zwei automatische Probennehmer durch dieses System selbständig angesteuert. Eine Möglichkeit zur Veränderung von Messinkrementen ist in Fig. 10 der Einfachheit halber nicht dargestellt, kann jedoch bei Bedarf implementiert werden. Der dargestellte Aufbau wird noch ergänzt durch Meldungen an das lokale Betreuungsteam, das über die Notwendigkeit der weiteren Beschickung des Probennehmers über das GSM-Netz mittels SMS (Short Message Service) informiert wird.

Beim Überschreiten einer vorprogrammierbaren Niederschlagsintensität sendet die Niederschlagsstation einen Befehl zur Entnahme einer Nullprobe über Satelliten an die Quellstation (Datenstrom 1). Wurde dort der Befehl ausgeführt, erhält die CMS darüber eine Information (Datenstrom 3). Die Niederschlagsstation beginnt ab dem Zeitpunkt der Triggerüberschreitung mit der kontinuierlichen Übertragung von Messwerten an die CMS (Datenstrom 2), um das Niederschlagsereignis verfolgen zu können. Mittlerweile wartet die Quellstation, ob das zweite Triggerkriterium, ein entsprechender Schüttungsanstieg an der Quelle, ebenfalls erreicht wird. Tritt dieses Kriterium ein, wird die kontinuierliche Beprobung mittels des zweiten Probennehmers im vorher definierten Intervall gestartet und die CMS davon in Kenntnis gesetzt. Die Quellstation beginnt nun ebenfalls mit kontinuierlicher Übertragung von Messwerten (Datenstrom 4). Damit kann über das Webportal der komplette Verlauf der Beprobung mit verfolgt werden. Dies ist in Fig. 11 dargestellt.

Adresse <http://wrrms002.joanneum.at/de/index.php>

Los geht's!

JOANNEUM RESEARCH in Kooperation mit TECHNISKUM WIEN

Graphic & Design  
(c) Erich Misch, 2007  
übernommen von Werner Hainner, 2006  
Change Language JFG Speichern

Erstellungen

509 blockiert Rechtschreibprüfung Senden an

ONLINE SYSTEM FÜR HYDROLOGISCHE MESSDATEN  
ÜBERTRAGUNG MITTELS LEO SATELLITEN

ERZEUGTE GRAFIK MIT BENUTZERDEFINIERTEN WERTEN

Messstelle Karstquelle Messwerte von 13-8-2008 bis 20-8-2008

**Grafikauswahl**

Wählen Sie einen Standort **Karstquelle**

Auswahl Sensoren

- Wasserpegel
- Leitfähigkeit
- Wassertemperatur
- Schüttung

Erster Eintrag: 21-07-2008  
Letzter Eintrag: 17-08-2008

Auswahl Datum

- Werte der letzten 24Std.
- Werte der letzten 7 Tage
- Benutzerdefiniertes Datum

TABELLE

**Graph**

Legend: ■ Leitfähigkeit, ■ Wassertemperatur, ■ Schüttung

(c) Copyright Joanneum Research  
Anmerkung: ungesproffene Daten

ZURÜCK

Fig. 11: Darstellung einer Ereignisbeobachtung über das Webportal.  
Display of an event sampling via the web portal.

#### 4.3.2.2. Fallbeispiel mikrobiologische Ereignisbeobachtung an Karstquellen

Im Zuge neuer internationaler Richtlinien, z. B. Etablierung von Wassersicherheitsplänen im Rahmen der Empfehlungen der WHO (2004), und der rasant fortschreitenden Entwicklung vorhandener Untersuchungsmethoden gewinnt die Charakterisierung der mikrobiologischen Qualität von Trinkwasserressourcen zunehmend an Bedeutung (A. H. FARNLEITNER et al., 2005). Anstelle gefährdungsbasierender Qualitätsziele wird in diesem Zusammenhang zukünftig die Ableitung und Anwendung risikobasierender mikrobiologischer Qualitätsziele (so genannte „risk based health targets“) zunehmend gefordert (WHO, 2004). Die Gewährleistung dieser festzusetzenden Qualitätsziele soll dabei durch eine umfassende Systembetrachtung („from the catchment to the tap“) erreicht werden. Dabei ist der zielgerichtete Schutz des Einzugsgebietes (Wasserressource), die optimierte Wassergewinnung, die weitergehende Wasseraufbereitung (z. B. Desinfektion) und ordnungsgemäße Verteilung in den Blickpunkt der Gesamtbetrachtungen zu stellen. Im Zuge der mikrobiologischen Systemanalyse ist dabei die wissenschaftliche Grundlage für das mikrobiologisch-hygienische Qualitätsmanagement zu schaffen (WHO, 2004).

So muss die an Karstquellen sehr ausgeprägte Abflussdynamik einhergehend mit einer schnell veränderlichen Qualitätscharakteristik neben den hydrogeologischen Rahmenbedingungen (Dauer und Intervall der Untersuchung, gewählte Jahreszeit etc.) bei mikrobiologischen Quelluntersuchungen berücksichtigt werden. Weiters ist eine hydrologische Grundcharakterisierung für den Untersuchungszeitraum vorzunehmen, um korrekte Ergebnisse zu erhalten sowie eine solide Interpretationsbasis schaffen zu können (G. H. REISCHER et al., 2008). Um die Bandbreite der möglichen mikrobiologischen Qualitätsschwankungen alpiner Karstwasserressourcen quellspezifisch bestimmen zu können, bietet sich das Werkzeug der Zeitserienanalyse von Hochsommerereignissen (Zeitraum von Ende Juli bis Anfang September) an (G. H. REISCHER et al., 2008, H. STADLER et al., 2008). Während dieser Monate kommen ausgeprägte Starkregenerereignisse sehr häufig in Folge von Wärmegewittern vor, darüber hinaus ist das Potential an fäkalen Eintragsquellen im Einzugsgebiet in der Regel am größten. Diese Ereignisanalysen stellen gewissermaßen „realistic worst case“-Szenarien dar. Auf diesen Ergebnissen aufbauende Maßnahmen des Qualitätsmanagements – sofern repräsentative Ereignisse herangezogen wurden – können daher als sehr robust angesehen werden.

Die praktische Realisierung konventioneller Zeitserienanalysen zur mikrobiologischen Charakterisierung der Qualitätsdynamik von Ereignissen stellt überaus große logistische Herausforderungen an das Untersuchungsteam. Proben müssen zum richtigen Zeitpunkt fachgerecht gezogen werden (z. B. kann das Ereignis während der Nachtstunden beginnen) und zeitgerecht in das mikrobiologische Labor geliefert werden (mitunter mit langen Anfahrtswegen).

Darüber hinaus ist das Ereignis mit entsprechenden Probenintervallen in der vollen Dynamik abzubilden (d. h. Vorlaufphase, Anstiegsphase, Rezessions- oder Rückgangsphase). Um diesen Anforderungen in der Praxis gerecht werden zu können, wurde vor kurzem ein auf LEO basierendes System etabliert, um automatisiert mikrobiologische Proben entnehmen und darüber hinaus eine simultane hydrologische Charakterisierung der untersuchten Phasen vornehmen zu können (H. STADLER et al., 2008). Die automatisierte mikrobiologische Probenentnahme war dabei bis dato auf die Untersuchung von *Escherichia coli* (*E. coli*) fokussiert – ein für alpine Karstwasserressourcen hervorragend geeigneter Parameter zur Erfassung mikrobiologischer Fäkaleinträge (A. H. FARNLEITNER et al., 2008). Dieser Parameter bietet darüber hinaus den Vorteil,

direkt vor Ort mittels feldtauglicher Analysemethoden bestimmt werden zu können (H. STADLER et al., 2009b). Prinzipiell ist diese automatisierte Probenentnahmetechnik bei entsprechend ausgestatteten Geräten jedoch auch auf andere mikrobielle Parameter übertragbar.

Figur 12 zeigt beispielhaft Ergebnisse einer Untersuchung eines Hochsommerereignisses an einer Karstquelle. Neben dem Schüttungsverlauf ist von den Onlineparametern der Qualitätsparameter SAK bei 254 nm (SAK: spektraler Absorptionskoeffizient) dargestellt. Die automatisch gezogenen Proben wurden mittels Feldlabormethoden auf *E. coli* untersucht (H. STADLER et al., 2008).

Parallel dazu wurden einzelne Proben mit Labormethoden vergleichend analysiert (*E. coli* Referenzproben, Fig. 12). Die hohe Übereinstimmung beider Analysemethoden ist ebenfalls in der Abbildung klar ersichtlich. Durch die hohe zeitliche Auflösung (Intervall der Probennahme: eine Stunde) konnte die gesamte Dynamik dieses mikrobiologischen Parameters abgebildet und somit die Bandbreite der Qualitätsveränderung bestimmt werden.

Neben der oben exemplarisch dargestellten mikrobiologischen Systemerkundung als Grundlage des zielgerichteten Qualitätsmanagements können diese kombinierten Untersuchungen auch zur Evaluierung und/oder Kalibrierung von online verfügbaren Proxiparametern herangezogen werden. Sie können bei der Wassergewinnung als Steuerparameter zur Qualitätsoptimierung von Rohwasser Verwendung finden. Siehe dazu exemplarisch den ähnlichen Verlauf von SAK254 und *E. coli* Konzentrationen in Fig. 12. Es ist jedoch anzumerken, dass gefundene Zusammenhänge quell- und ereignisspezifisch zu werten sind (H. STADLER et al., 2008).

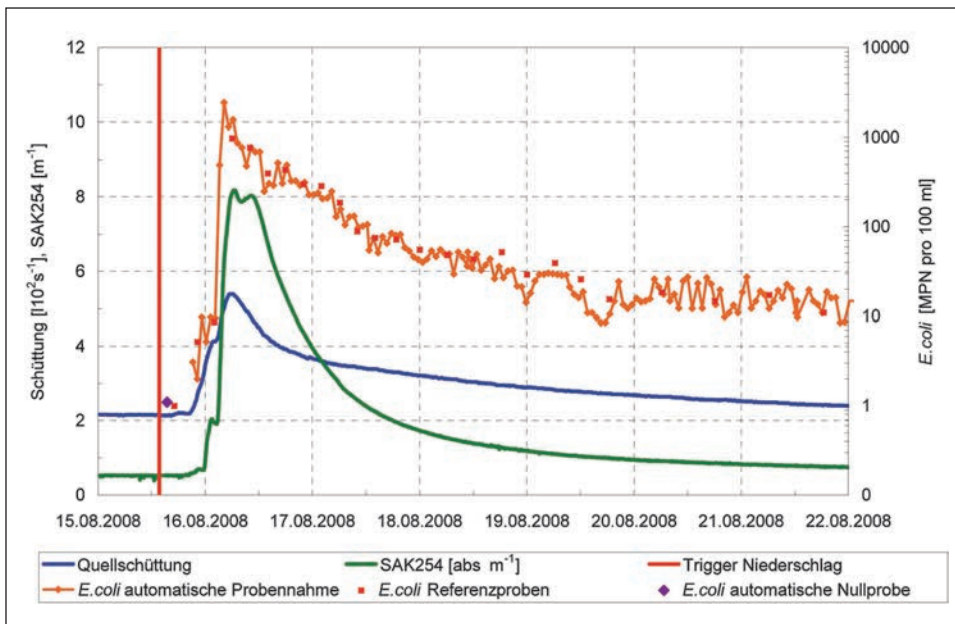


Fig. 12: Ergebnisse einer kombinierten und automatisierten Ereignisbeprobung an einer Karstquelle. SAK – spektraler Absorptionskoeffizient, MPN – höchstwahrscheinliche Anzahl. Results of a combined and automated event sampling at a karst spring. SAC – Spectral Absorption Coefficient, MPN – most probable number.



## 4.4. Qualitätsüberwachung

### 4.4.1. Ausgangspunkt

Die Leitfähigkeit in natürlichen Wässern kann mittels Vier-Elektroden-Leitfähigkeitsmesszellen mit hoher Präzision ermittelt werden. In gesättigten oder übersättigten Wässern entstehen jedoch Ablagerungen an den Messelektroden, die früher oder später dazu führen, dass die Messunsicherheit ansteigt bzw. die Messung unbrauchbar wird. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurde nun untersucht, wie ein Qualitätskennzeichen ermittelt werden könnte, das Aufschluss darüber gibt, inwieweit den Messergebnissen noch vertraut werden darf (H. STADLER et al., 2009a). Dieser Überwachung kommt besonders bei fernübertragenden Messeinrichtungen große Bedeutung zu, da diese Messstellen, wie die Erfahrung zeigt, längeren Betreuungsintervallen unterliegen.

### 4.4.2. Zwei-Elektroden-Messzelle

Stand der Technik im Bereich natürlicher Wässer ist heute die Messung mit Vier-Elektroden-Messzellen. Die Zwei-Elektroden-Messzelle (KOHLRAUSCH-Messzelle) ist die einfachste Form (Fig. 13, links). Zur Messung wird ein Messgerät benötigt, das den Widerstand  $R$  bzw. den Leitwert  $G$  erfasst. Die Messzelle verfügt über zwei Elektrodenflächen mit genau definierter Geometrie, die unmittelbar mit dem Wasser in Berührung kommen. Durch die Geometrie der Messzelle (Fig. 13, rechts) werden die Länge  $l$  und der wirksame Querschnitt  $A$  des Stromleiters festgelegt.

Das Verhältnis Länge zu Querschnitt wird als Zellkonstante  $K$  bezeichnet:

$$K = l/A$$

Ein Hohlwürfel von 1 cm Kantenlänge, mit zwei gegenüberliegenden Flächen als Elektroden ausgebildet, hat demnach die Zellkonstante  $K = 1 \text{ cm}^{-1}$ . Die Leitfähigkeit ( $\kappa$ ) ergibt sich damit aus dem gemessenen Leitwert und der Zellkonstanten gemäß

$$\kappa = K \cdot G$$

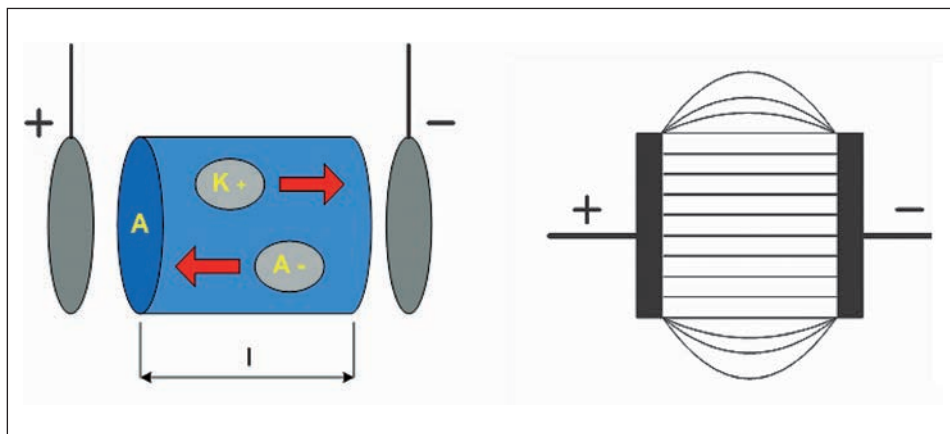


Fig. 13: Prinzipielle Darstellung einer Zwei-Elektroden-Messzelle (links) und deren Messzellegeometrie (rechts).  $l$  – Länge des Stromleiters,  $A$  – Querschnitt des Stromleiters.

Simplified diagram of a two electrode measuring cell (left) and geometry of a measuring cell (right).  $l$  – length of the conductor,  $A$  – area of the conductor.

Wird mit einer solchen Messzelle ein Leitwert von  $G = 100 \mu\text{S}$  gemessen, dann ist die Leitfähigkeit der Lösung  $\kappa = 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Für Messzellen mit abweichender Geometrie wird die Zellkonstante durch Kalibrierung ermittelt.

Messzellen werden größenordnungsmäßig mit  $K$  von  $0,001 \text{ cm}^{-1}$  bis  $100 \text{ cm}^{-1}$  hergestellt. Der gesamte Bereich der Leitfähigkeit wässriger Lösungen kann mit Zellkonstanten von  $0,1 \text{ cm}^{-1}$  bis  $10 \text{ cm}^{-1}$  gemessen werden.

Neben dieser geometrischen Größe  $K$  ist eine Messzelle durch das Polarisationsverhalten an ihrer Elektrodenoberfläche gekennzeichnet. Unter Polarisation einer Leitfähigkeitsmesszelle sind alle Effekte zusammengefasst, die an der Grenzfläche Elektrode zu Flüssigkeit bei Stromfluss auftreten und die Leitfähigkeit der Lösung kleiner bzw. die Zellkonstante größer erscheinen lassen. Polarisationseffekte werden nach dem Stand der Technik mittels matrixabhängiger Messfrequenzen minimiert.

#### 4.4.3. Vier-Elektroden-Messzelle

Für den stationären, industriellen Einsatz wurden die Zwei-Elektroden-Messzellen zu sogenannten Mehr-Elektroden-Messzellen weiterentwickelt, insbesondere zu Vier-Elektroden-Messzellen. Diese Messzelle verfügt über vier meist kreis- bzw. ringförmige Elektroden.

Diese Technik vermeidet den störenden Einfluss von Ablagerungen an den Elektroden, ausgelöst durch Polarisierungseffekte, und nutzt die Tatsache aus, dass Polarisation nur an Elektroden auftritt, an denen ein Stromübergang zum Elektrolyten stattfindet. Bei einer Vier-Elektroden-Messzelle wird der Messstrom den äußeren Elektroden zugeführt, an denen Polarisation auftritt. An den innen liegenden Elektroden wird hochohmig eine Messspannung ( $U_4$ ) abgegriffen, also ohne Strombelastung der Elektroden. Aus der

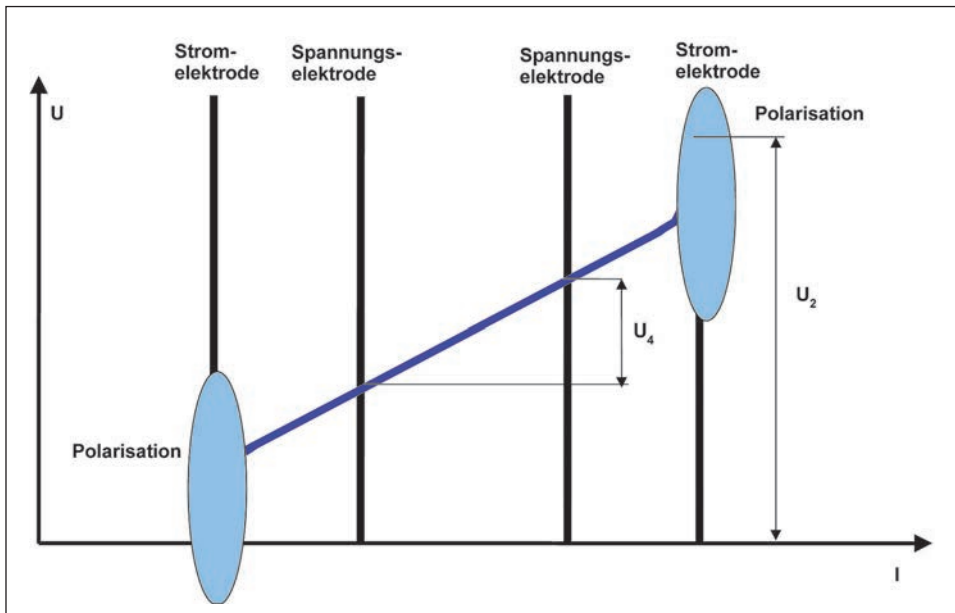


Fig. 14: Messprinzip einer Vier-Elektroden-Sonde.  $U$  – Spannung,  $U_2$  – Polarisations-Wechselspannung,  $U_4$  – Messspannung,  $I$  – Stromstärke.

Principle of measurement at a four electrode measuring cell.  $U$  – voltage,  $U_2$  – polarisation AC-voltage,  $U_4$  – measurement voltage,  $I$  – current.

abgegriffenen Messspannung und dem zugeführten Messstrom wird der Leitwert ( $G_4$ ) ermittelt (Fig. 14). Für derartige Messwertgeber kann ebenfalls eine Zellkonstante ( $K_4$ ) über Eichlösungen ermittelt werden.

$$\kappa = K_4 \cdot G_4 = K_4 \cdot \frac{I}{U_4}$$

#### 4.4.4. Bestimmung der Sondenqualität

Die innovative Idee im Projekt „Qualitätssicherung bei der Leitfähigkeitsmessung“ im Knet Wasser war nun, unter Verwendung von Mehr-Elektroden-Messzellen durch zusätzliche Messungen und Auswertungen ein Qualitätskennzeichen (Sondenqualität Sq) zu ermitteln, über das auf Ablagerungen an den Elektrodenflächen geschlossen werden kann, wobei der Grad der Ablagerungen auch mittels dieses Qualitätskennzeichens quantifizierbar gemacht werden sollte.

##### 4.4.4.1. Ablauf der Leitfähigkeitsmessung

Bei der Leitfähigkeitsmessung mit Vier-Elektroden-Messzellen wird an den Stromelektroden eine Rechteckwechselfspannung angelegt und an den Spannungselektroden wird hochohmig die entstehende Spannung abgetastet. Wechselfspannung wird verwendet, um Polarisierungseffekte an den Elektrodenoberflächen weitgehend zu vermeiden. Solche Polarisierungseffekte verfälschen das Messergebnis und haben weiters zur Folge, dass bereits nach kürzester Zeit Ablagerungen an den Messelektroden die Messung unbrauchbar machen. Eine definierte Zeit nach Anlegen des Spannungspotentials wird eine Strommessung durchgeführt. Mittels Strom und Spannung kann nun die Leitfähigkeit errechnet werden.

Im Projekt wurde durch erste Feldmessungen erkannt, dass Veränderung an den Elektrodenoberflächen durch Ablagerungen in erster Linie die Zellkonstante  $K_2$  beeinflussen. Es wird in einem kleineren Ausmaß auch  $K_4$  für die Vier-Elektroden-Messzelle beeinflusst. Durch diese unterschiedlichen Beeinflussungen kann damit das Verhältnis der beiden Zellkonstanten als ein Maß für die Ablagerungen an den Elektroden verwendet werden.

Nun können die beiden Zellkonstanten aus der Zwei-Elektroden-Messmethode (nur Stromelektroden)

$$\kappa = K_2 \cdot G_2 = K_2 \cdot \frac{I}{U_2}$$

und aus der Vier-Elektroden-Messmethode

$$\kappa = K_4 \cdot G_4 = K_4 \cdot \frac{I}{U_4}$$

verglichen werden:

$$Sq = \frac{K_4}{K_2} = \frac{\kappa}{G_4} \cdot \frac{G_2}{\kappa} = \frac{G_2}{G_4} = \frac{I}{U_4} \cdot \frac{U_2}{I} = \frac{U_2}{U_4}$$

Das Verhältnis von  $K_4$  zu  $K_2$  wird schließlich normiert, so dass für neue Sonden der Wert ca. 1 ist.

Obwohl mit sinkender Sondenqualität Sq die Zellkonstante  $K_2$  noch zusätzlich gering von der gemessenen Leitfähigkeit abhängt, kann dieser Effekt in der Praxis vernachlässigt werden.

#### 4.4.4.2. Technische Umsetzung und Feldtests mit dem neu entwickelten Leitfähigkeitsinterface

Das Messinterface im Datensammler stellt die Polarisations-Wechselspannung  $U_2$  so ein, dass sich eine Messspannung  $U_4$  von ca. 1 V ergibt. Der Strom durch die Strommesszellen wird erfasst. Es liegen deshalb alle Messwerte für die Zwei-Elektroden- und die Vier-Elektroden-Messung simultan vor. Das Messinterface ermittelt die Leitfähigkeit und zusätzlich das oben beschriebene Qualitätskennzeichen  $S_q$ . Der Einfluss der absoluten Leitfähigkeit auf  $S_q$  wurde vernachlässigt.

Die abschließenden Feldtests wurden im Rahmen eines Knet-Projekts an der Messstelle Lurgrotte durchgeführt. Ziel war, den Nachweis zu führen, dass mit dem Qualitätskennzeichen  $S_q$  Sondenablagerungen quantifiziert werden können und dass der Einfluss der absoluten Leitfähigkeit auf  $S_q$  in der Praxis vernachlässigt werden kann.

Die Feldtests haben nun gezeigt, dass in der Tat ein starker Einfluss von Ablagerungen an den Sonderelektroden auf  $S_q$  besteht.

Wie aus Fig. 15 deutlich zu erkennen ist, besteht, wie weiter oben bereits theoretisch dargelegt, ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Qualitätsspannung ( $S_q$ ) und Ablagerungen an den Elektroden (G. PEVNY & D. PINDEUS, 2007).

Es ist bereits in dem relativ kurzen Zeitintervall vom 3. 4. 2008 bis zum 22. 4. 2008 ein deutlicher, kontinuierlicher Anstieg von  $S_q$  zu erkennen, der nicht durch Veränderungen der Leitfähigkeit, sondern durch Ablagerungen an der Sonde bedingt ist.

Das Niederschlagsereignis am 22. 4. 2008 bewirkt eine deutliche Reaktion der Leitfähigkeit an der Messstelle. Die erkennbare Auswirkung auf die Qualitätsspannung  $S_q$  liegt bei einer Änderung der Leitfähigkeit von etwa 450  $\mu\text{Scm}$  auf 320  $\mu\text{Scm}$  lediglich im Bereich von 2% und ist damit vernachlässigbar.

Aus diesen Messergebnissen ist klar erkennbar, dass die „Sondenwellness“ durch dieses System eindeutig überwacht werden kann. Es ist somit ein Parameter entwickelt wor-

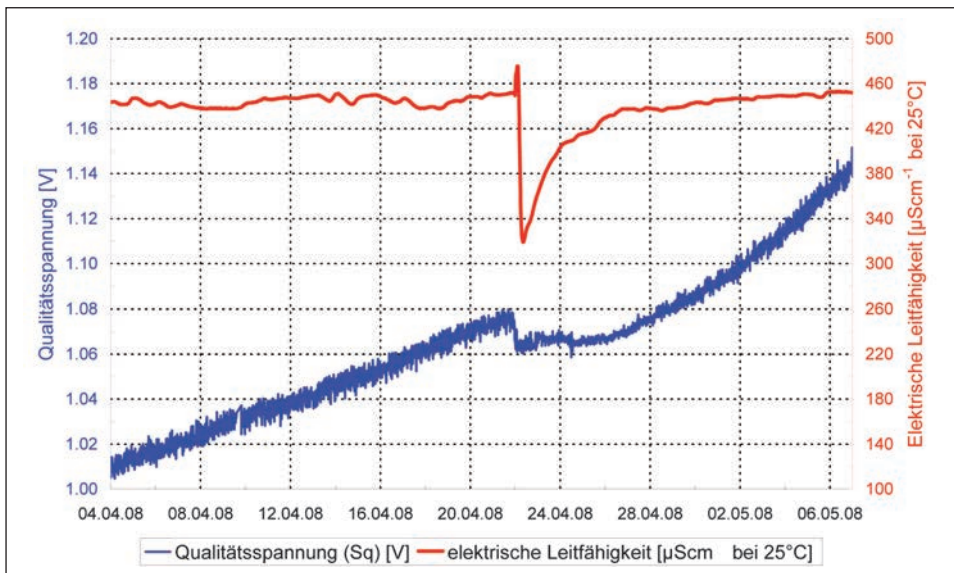


Fig. 15: Messergebnisse.  
Measuring results.

den, der eingesetzt werden kann, um Fehlmessungen der Leitfähigkeit, ausgelöst durch Verschmutzung und Versinterung der Messzelle (Elektroden), zu erkennen und damit vermeidbar zu machen.

#### 4.5. Webportal

Hydrologische Messdaten werden, nach der automatischen Übertragung durch LEO-Satelliten oder durch das GPRS-Mobilfunksystem, in einer MySQL-Datenbank gespeichert, welche sich auf einem lokalen Linux-Server befindet. Um die Messwerte aus den empfangenen E-Mails bzw. aus den Dateien am FTP-Server auslesen zu können und in die Datenbank zu speichern, wurde ein spezielles Programm in der Programmiersprache Perl entwickelt. Dieses Programm arbeitet völlig automatisch und ohne Interaktion mit dem Benutzer.

Figur 16 zeigt die einzelnen Komponenten des Onlinemonitoring-Systems. Am Server der zentralen Monitoringstation werden das beschriebene Programm zum Auslesen und Speichern der Messdaten sowie die MySQL-Datenbanken und ein PHP Webinterface (PHP: Hypertext Preprocessor) verwaltet.

Durch den Einsatz eines Apache-Websystems auf einem Debian Server sind die Daten nach dem Speichern sofort über das Internet abrufbar und können als Graphiken oder in Form von Tabellen dargestellt und lokal gespeichert werden (Fig. 17). Dadurch ist ein weltweiter Zugriff auf die Messdaten möglich.

Ein großer Vorteil dieses Onlinemonitoring-Systems ist, dass die übertragenen Messwerte automatisch überwacht werden können. Wenn in solchen Fällen bestimmte Werte eine vordefinierte Grenze überschreiten, wird sofort eine Nachricht mittels E-Mail oder SMS an die entsprechenden Benutzer geschickt. Dadurch eignet sich dieses System hervorragend für den Einsatz in Frühwarnsystemen. Ein weiterer Vorteil des Onlinemonitoring-Systems ist der flexible Netzwerkaufbau. Das bedeutet, dass neue Messstationen schnell und einfach in das gesamte System integriert werden können.

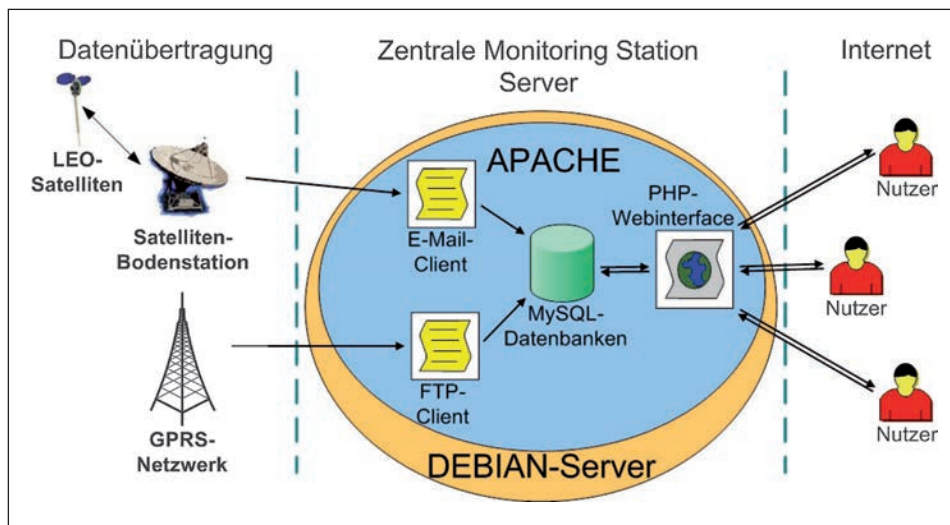





Fig. 16: Komponenten des Onlinemonitoring-Systems.  
Components of the Online Monitoring System.



in Kooperation mit  
Technikum Wien



## ONLINE SYSTEM FÜR HYDROLOGISCHE MESSDATEN ÜBERTRAGUNG MITTELS LEO SATELLITEN

Graphic & Design  
(c) Erion Röckl, 2007  
übernommen von Werner Heiner, 2005  
Change Language: 

---

**GRAFIKAUSWAHL**

Wählen Sie einen Standort  
**Leibnitz**

**Auswahl Sensoren**

Wasserpegel

Wassertemperatur

Schüttung

Erster Eintrag: 12-12-2007  
Letzter Eintrag: 27-05-2009

**Auswahl Datum**

Werte der letzten 24 Std.

Werte der letzten 7 Tage

Benutzerdefiniertes Datum

VON   2009

BIS   2009

Standardgrafik [info](#)

**GRAFIK ERZEUGEN**

**LETZTEN EINTRÄGE IN DER DATENBANK**

DATUM: 27-05-2009    ZEIT: 03:59:56 (CET-UTC+1)    **Wasserpegel: 2.438 cm**    **Wassertemperatur: 16.4 °C**  
 Schüttung: 61.865 ls-1

JP's Speichern

**Messstelle Leibnitz, Werte von 20-5-2009 bis 27-5-2009**

Anmerkung: ungeprüfte Daten

JP's Speichern

**ERZEUGTE GRAFIK MIT BENUTZERDEFINIERTEN WERTEN**

**Messstelle Leibnitz Messwerte von 1-1-2009 bis 27-5-2009**

Anmerkung:

JP's Speichern

Fig. 17: Onlinemonitoring-System, Webportal. Web portal of the Online Monitoring System.

Um den Zugriff auf bestimmte Stationen und Daten zu beschränken, wurde die Homepage des Onlinemonitoring-Systems zusätzlich mit einem registrierten Bereich ausgestattet. Dadurch können die Zugriffsrechte der Benutzer beliebig eingeschränkt und kontrolliert werden, um zu verhindern, dass Daten in falsche Hände geraten.

## 5. Ausblick und weitere Entwicklungen

Aus aktuellen Untersuchungen (J. POHN et al., 2009) geht hervor, dass künftige Entwicklungen auf dem Mobilfunksektor – GSM, UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), GPRS, EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) – hauptsächlich in den Ballungsräumen durchgeführt werden, da sie einer strengen Kosten-Nutzen-Rechnung unterliegen. Dies bedeutet für die Umweltsmesstechnik, im Besonderen der hydrologischen Messtechnik, dass für verzögerungsfreie Datenübertragungen verstärkt auf andere Technologien wie Satellitenkommunikation und, soweit vorhanden, auf verschiedene terrestrische Funkssysteme (z. B. „packet radio“) zurückgegriffen werden muss.

Dabei haben Kommunikationsnetze ohne terrestrische Infrastruktur eindeutig den Vorrang, da sie weniger störungsanfällig und regionalen Einflüssen nicht ausgesetzt sind.

In Verbindung mit autarken, umweltschonenden Energielösungen bieten sie ideale Voraussetzungen zum Einsatz in Qualitätssicherungs- und Frühwarnsystemen.

Um eine gut funktionierende Absicherung der Messdaten zu gewährleisten, ist es notwendig eine möglichst einfache, aber auch wirkungsvolle Backup-Strategie anzuwenden. Derzeit werden die MySQL-Datenbanken mittels Shell-Skripten einmal täglich komprimiert und in eine Datei gesichert. Wichtige Systemdateien werden mitgespeichert. Anschließend werden diese Dateien über eine Windows-Partition durch das Rechenzentrum der JOANNEUM RESEARCH gesichert.

Die Datensicherheit wird zukünftig durch den Einsatz eines neuen Servers wesentlich erhöht. Dieser Server bietet aufgrund der RAID 1-Technologie (RAID: Redundant Array of Independent Discs), bei welcher zwei Festplatten die exakt gleichen Daten enthalten (Spiegelplatte), eine hohe Ausfallsicherheit. Dabei bleiben bei einem Ausfall einer Festplatte alle Daten auf der zweiten Platte erhalten, auf die jederzeit zugegriffen werden kann. Dieses System hat sich besonders bei sicherheitskritischen Echtzeitanwendungen bewährt. Die Datensicherung bei diesem Server kann lokal erfolgen, mit Hilfe von ein-schiebbaren externen Festplatten.

Die Übertragung der Messdaten, von der Messstelle zum lokalen Server erfolgt derzeit im Klartext bzw. in Base64 kodierten Nachrichten. Es ist daher geplant, in Zukunft eine Nachrichtenverschlüsselung einzusetzen, bei der die Messdaten vor dem Verschicken verschlüsselt werden.

Die Nachrichten werden erst wieder am Webserver der zentralen Monitoringstation entschlüsselt. Dadurch werden unerwünschte Zugriffe auf die Daten verhindert. Durch einen eingebauten  $\mu$ Controller im Satellitenmodem ist es möglich, die Verschlüsselung direkt am Modem vorzunehmen, indem man einen entsprechenden Algorithmus in den vorhandenen Code des Modems einbaut. Als Algorithmus kann der so genannte AES (Advanced Encryption Standard) zum Einsatz kommen, der frei verfügbar ist und ein sehr hohes Maß an Sicherheit bietet. Er wird unter anderem für die Verschlüsselung von Wireless LAN benutzt. Dadurch kann eine vor unerwünschten Zugriffen abgesicherte Datenübertragung gewährleistet werden.

Im Bereich der Übertragung von Umweltmessdaten sind die Verzögerungszeit, teilweise in unterschiedlichen Netzwerken mit definierten Schnittstellen zueinander, das wichtigste Thema. Die „Echtzeitfähigkeit“ der verwendeten Software ist auch bei implementierten Qualitätschecks bis in den Minutenbereich der Datenübertragungsfrequenz gegeben.

Auf dem Gebiet der mikrobiologischen Untersuchungen kann das LEO-Satelliten gestützte System zur automatisierten und kombinierten Ereignisuntersuchung als ein wesentliches Instrument zur Erkundung der mikrobiologischen Qualitätsdynamik von Trinkwasserressourcen angesehen werden. Die Kombination hydrologischer und mikrobiologischer Parameter stellt dabei ein wesentliches Charakteristikum und sogleich eine interdisziplinäre Herausforderung dar. Darüber hinaus kann mit Hilfe dieser ereignisbasierenden Methodik ein wesentlicher Beitrag zur zukünftigen Ableitung und Anwendung risikokonformer Managementstrategien, im Sinne mikrobiologischer „health based targets“, für alpine Karstquellen geleistet werden (A. H. FARNLEITNER et al., 2008).

## Zusammenfassung

Zur Erstellung von Zeitreihen war die Datenakquisition in der hydrogeologischen Forschung immer ein wichtiger Aspekt der Geländearbeit. Durch die Entwicklung digitaler Mess- und Aufzeichnungsgeräte mit unterschiedlichen Sensoren können unterschiedliche Parameter registriert werden. Der technische Fortschritt auf dem Gebiet der Kommunikationstechnik ermöglicht nun auch unterschiedliche Arten der Datenakquisition.

In einem kurzen Rückblick werden die Entwicklungen skizziert, daran anschließend wichtige Fachausdrücke erläutert. Ein Überblick über den derzeitigen Stand der Anwendungen mit ausgewählten Fallbeispielen, wobei der Schwerpunkt auf Projekte des „Kompetenznetzwerkes Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung“ gelegt wurde, bildet den Hauptteil. Ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen rundet den Beitrag ab.

## Literatur

- BENISCHKE, R., H. STADLER & H. ZOJER (2003): 19<sup>th</sup> Postgraduate Training Course on Groundwater Tracing Techniques 2003.– Unveröff. Ber., 53 S., JOANNEUM RESEARCH, Graz.
- BENISCHKE, R., R. EBENBICHLER, W. EDERER, E. FLEISCHHACKER, T. HARUM, B. KODRÉ, G. MOSER, G. ORTNER, G. PEVNY, H. PLIESSNIG, C. RUCH, P. SACCON, P. SKRITEK, H. STADLER & K. WOLETZ (2008a): WP 2.1.1: Ressourcenerkundung: Qualitative und quantitative Erfassung von Wasserressourcen hochalpiner Gebirgsräume.– In: KOMPETENZNETZWERK WASSERRESSOURCEN GMBH (Hrsg., 2008): „Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung – Die Bedeutung von Netzwerken.“ Internationale Fachtagung, 22. bis 23. April 2008, Graz.– Tagungsband, 59–67, Graz.
- BENISCHKE, R., R. EBENBICHLER, W. EDERER, E. FLEISCHHACKER, T. HARUM, G. MOSER, H. PLIESSNIG, W. POLTNIG, G. PROBST, C. RUCH, P. SACCON, H. SCHAFRANEK, H. STADLER & B. UGGOWITZER (2008b): WP 2.1.3: Ressourcenschutz.– In: KOMPETENZNETZWERK WASSERRESSOURCEN GMBH (Hrsg., 2008): „Wasserressourcen und deren Bewirtschaftung – Die Bedeutung von Netzwerken.“ Internationale Fachtagung, 22. bis 23. April 2008, Graz.– Tagungsband, 76–82, Graz.



- FARNLEITNER, A. H., I. WILHARTITZ, G. REISCHER, M. M. BURTSCHER & R. L. MACH (2005): Möglichkeiten und Grenzen molekularbiologischer Techniken in der Untersuchung der mikrobiologischen Wasserqualität.– Deutsche Lebensmittel-Rundschau, **101**, 446–456, Hamburg.
- FARNLEITNER, A. H., H. STADLER, G. H. REISCHER, R. SOMMER, A. K. T. KIRSCHNER, M. M. BURTSCHER, G. RYZINSKA, I. WILHARTITZ, G. KUSCHNIG, R. L. MACH & W. ZEROBIN (2008): Methods and Strategies for Alpine Karstic Water Resource Management: Opening Pollution Microbiology's "Black Box".– In: IWA (Ed., 2008): World Water Congress and Exhibition 2008, 7–12 September 2008 Austria Centre, Vienna, Austria.– Proceedings, paper 662804, 3 S., London (CD-ROM).
- HEINER, W. (2005): Online-System für hydro-meteorologische Datenübertragung über LEO-Satelliten.– Unveröff. Dipl.-Arb., Fachhochschule Technikum Wien, Elektronik, 216 S., Wien.
- KOREN, T., S. CASNER, J. GEEVARGHESE, B. THOMPSON & P. RUDDY (2003): RFC 3545 – Enhanced Compressed RTP (CRTP) for Links with High Delay, Packet Loss and Reordering.– Url: <http://tools.ietf.org/html/rfc3545> [16.9. 2009].
- LUKASCH, F. & P. SKRITEK (2002): Projekt „Messdatenübertragung via LEO-Satelliten“. Handling und Programmierung Orbcomm-Communicator HW/SW.– Unveröff. Ber., JOANNEUM RESEARCH, 33 S., Graz.
- PEVNY, G. & D. PINDEUS (2007): WP 2.1.1 Ressourcenerkundung. Nachweis des Kompetenzaufbaues.– Unveröff. Ber., Knet Wasser, 10 S., Wien.
- POHN, J., E. WURZENBERGER, H. HUBER, R. HORAK, M. GEISSLER, M. SCHMIED, Ch. GLATZ, W. ARTNER & K. WOLETZ (2009): Optimierung von Energieversorgung und Datenfluss bei online Umweltmessstellen.– Unveröff. Bericht, Fachhochschule Technikum Wien, 220 S., Wien.
- REISCHER, G. H., J. M. HAIDER, R. SOMMER, H. STADLER, K. M. KEIBLINGER, R. HORNEK, R. L. MACH, W. ZEROBIN & A. H. FARNLEITNER (2008): Quantitative microbial faecal source tracking with sampling guided by hydrological catchment dynamics.– Environmental Microbiology, **10**, 2598–2608.
- SKRITEK, P. (2007): LEO-Satellitenmodems zur Hydrologie-Messdatenübertragung: Systemtests und Prototypen-Software.– Unveröff. Endbericht zum Projekt „Knet Wasser“, WP 2.1.1: Ressourcenerkundung/Pos.: V-B-c, Evaluierung LEO-Satellitensysteme zur Datenübertragung, 119 S., Wien (Fachhochschule Technikum Wien).
- SKRITEK, P., F. LUKASCH, K. DIN, T. HODI, & H. STADLER (2002): Environmental Data-transmission Using Low Earth Orbit Satellites.– In: PILLMANN, W. & K. TOCHTERMANN (Eds., 2002): Environmental Communication in the Information Society.– Proceedings of the 16<sup>th</sup> Conference "Informatics for Environmental Protection" September 25–27, 2002, University of Technology, Vienna, Austria (EnviroInfo Vienna 2002), Part 2, 727–734, Wien.
- STADLER, H. & P. SKRITEK (2003): Remote water quality monitoring "on-line" using LEO satellites.– Water Sci. Technol., **47** (2), 197–204, London (IWA Publishing).
- STADLER, H., P. SKRITEK, R. SOMMER, R. L. MACH, W. ZEROBIN & A. H. FARNLEITNER (2008): Microbiological monitoring and automated event sampling at karst springs using LEO-satellites.– Water Sci. Technol., **58** (4), 899–909, London (IWA Publishing).
- STADLER, H., Ch. KOLLMITZER, P. SKRITEK & D. PINDEUS (2009a): Remote Quality Control of On-line Measurements for Hydrological Investigations.– In: MARKS, D. (Ed., 2009): Hydrology in Mountain Regions: Observations, Processes and Dynamics.– IAHS Publ., **326**, 82–92, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- STADLER, H., P. SKRITEK, Ch. KOLLMITZER, E. KLOCK, W. ZEROBIN & A. FARNLEITNER (2009b): Integrated real-time data access and monitoring systems for hydrological investigations and water resources management.– In: LIEBSCHER, H.-J., R. CLARKE, J. RODDA, G. SCHULTZ, A. SCHUHMAN, L. UBERTINI & G. YOUNG (2009): The Role of Hydrology in Water Resources Management.– IAHS Publ., **327**, 62–71, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- tiris – Tiroler Rauminformationssystem: Sonnenstunden Tirol.– Url: <http://tiris.tirol.gv.at/web/index.cfm> [16.11. 2006].
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2004): Guidelines for Drinking-water Quality: Recommendations.– 3<sup>rd</sup> edition, 515 S., WHO Genf, Schweiz.

## Summary

A major challenge in hydrological research is to generate time series of different parameters. The technical progress in measurement techniques and communication technologies implicate new possibilities in data acquisition. This paper presents a short outline of recent developments and explains basic technical terms with the aid of case studies, mainly carried out within projects of "Competence Network Water Resources and their Management". An outlook to future developments concludes this article.

## Dank

Der besondere Dank der Autoren gilt Herrn DI (FH) Erich KLOCK, MSc, MBA, der während seiner Tätigkeit am Institut für WasserRessourcenManagement, Hydrogeologie und Geophysik der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH vor allem mit Programmierungsarbeiten für die Satellitenmodems, der Betreuung der beschriebenen Website und nicht zuletzt auch beim Messstellenaufbau die beschriebenen Projekte tatkräftig unterstützt hat.

Schlüsselwörter: Umweltmesstechnik, Trinkwasserressourcen, Datenübertragung, Satellitenkommunikation, Ereignisbeprobung

Keywords: environmental monitoring, drinking water resources, data transmission, satellite communication, event sampling