

**Beitrag E: Martin Schmieder, Jürgen Moßgraber**

## **Komplexe Auswertung von Fachinformationen am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser Baden-Württemberg**

Martin Schmieder, Jürgen Moßgraber,  
Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB,  
[martin.schmieder@iosb.fraunhofer.de](mailto:martin.schmieder@iosb.fraunhofer.de) ,  
<mailto:juergen.mossgraber@iosb.fraunhofer.de>

### **Abstract**

Advanced reporting obligations and stricter legal regulations increase the requirements on modern environmental information systems. Specialized applications have to support new ways of analysis and representation of the collected data in order to gain new insights. The article presents the thematic application for groundwater management in Baden-Württemberg, which is tailored to the needs of the users in the environmental agencies. Three typical use cases are described: calculation and visualization of the influence of geothermal drilling on the groundwater temperature, trend analysis on groundwater quality data according to legal regulations, new diagrams to clearly visualize and compare fluctuations of groundwater levels.

### **1 Einleitung**

Erweiterte Berichtspflichten und strengere gesetzliche Vorgaben erhöhen die Anforderungen an moderne Umweltinformationssysteme. Es sind maßgeschneiderte Fachanwendungen erforderlich, die neuartige Auswertungen der erfassten Daten ermöglichen. Es ist nun nicht mehr ausreichend, einfache Datenkurven von Messwerten zu zeichnen, stattdessen müssen Daten kombiniert und in komplexen Darstellungen präsentiert werden, die neue Einblicke ermöglichen.

Im Bereich der Wasserwirtschaft sind in Deutschland viele unterschiedliche IT-Systeme im Einsatz, die neben der Datenhaltung ein Standard-Repertoire statistischer Auswertungen anbieten. Dabei stehen meist Zeitreihenanalysen der Messergebnisse

im Vordergrund. Oft ist ein Geoinformationssystem (GIS) für Kartenvisualisierungen (z.B. zur Schadstoffkonzentration) integriert oder kann extern angebunden werden [Fischer-Stabel, 2013]. Export- und Import-Schnittstellen z.B. zu Labordatensystemen und Office-Anwendungen sind wesentlich für Datenaustausch, Weiterverarbeitung und Berichtspflichten. Entscheidend für die Akzeptanz eines Systems ist aber, dass es die typischen Aufgaben bei Umweltbehörden oder Ingenieurbüros optimal unterstützt, um z.B. rasch den Trendverlauf gefährdender Parameter nach den Maßgaben der Grundwasserverordnung [BMJV, 2010] zu bewerten oder die Auswirkungen geothermischer Bohrungen auf das Grundwasser beurteilen zu können. Solche Fragestellungen lassen sich mit generischen Datenbankanwendungen oft nicht auf einfache Weise beantworten.

Der Artikel stellt die Fachanwendung Grundwasser in Baden-Württemberg vor, die dem Sachbearbeiter in dieser Hinsicht weitreichende Unterstützung bietet. Es werden drei Anwendungsfälle exemplarisch beschrieben.

## **2 Die Fachanwendung Grundwasser**

Die Fachanwendung Grundwasser (Grundwasserdatenbank GWDB) ist ein flexibles Datenhaltungs- und Auswertewerkzeug für Grundwasserdaten. Sie ist auf allen Ebenen der Umweltverwaltung Baden-Württembergs sowie bei der dortigen Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz LUBW seit vielen Jahren im produktiven Einsatz [LUBW, 2015] [Schuhmann, 2015]. Seit einigen Jahren ist die Fachanwendung auch bei Deponiebetreibern des Landes für Eigenüberwachungsaufgaben und Berichtspflichten der Abfallwirtschaft im Einsatz.

Als Gewässerinformationssystem ist die Fachanwendung Grundwasser eine Ausprägung der Produktlinie WaterFrame® des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (Fraunhofer IOSB). Es handelt sich dabei um eine Familie von in JAVA programmierten Datenbankanwendungen auf der Basis gemeinsamer Grundbausteine und Frameworks. Weitere Ausprägungen und fachliche Erweiterungen (u.a. für Oberflächengewässer) wurden im Rahmen der FIS Gewässer-Kooperation zwischen Baden-Württemberg, Bayern und Thüringen entwickelt [Stumpp, 2014] [Schmieder, 2014].

Die Fachanwendung Grundwasser ist ein Modul im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg und nutzt die in diesem Umfeld bereitgestellten Dienste. Insbesondere wird durch die Einbindung von Cadenza/GISterm der Firma Disy die integrierte Datenselektion und Kartendarstellung ermöglicht [Disy, 2016].

In Baden-Württemberg werden über die Fachanwendung Grundwasser in erster Linie die folgenden Datenkategorien verwaltet und ausgewertet:

- Stammdaten zu Brunnen, Quellen und weiteren Grundwassermessstellen (ca. 90.000 Objekte) sowie zu geothermischen Anlagen (ca. 25.000 Objekte).
- Qualitative (chemisch-physikalische) Messwerte aus Grundwasseranalysen. Das Landesmessnetz umfasst ca. 150.000 Analysen mit ca. 3,3 Millionen Einzelwerten.
- Quantitative Messwerte zu Grundwasserständen, Quellschüttungen, Sickerwasser- und Niederschlagsmengen etc. im Umfang von ca. 20 Millionen.

Hinzu kommen spezielle Stammdaten und Messwerte im Deponiebereich.

In jedem der genannten Bereiche werden teilweise komplexe Auswertungen benötigt, um Diagramme, Karten und Berichte zu erstellen. Drei Anwendungsfälle werden in den folgenden Abschnitten exemplarisch vorgestellt. Bei den Stammdaten wird im Bereich Geothermie die Berechnung und Kartendarstellung von Temperaturfeldern beschrieben. Qualitative Messwerte werden beispielsweise durch Trendanalysen nach Vorgaben der Grundwasserverordnung ausgewertet. Im Bereich der quantitativen Messwerte wird anhand der Visualisierung von Nass- und Trockenperioden ein Beispiel für die vielfältigen Möglichkeiten bei Diagrammdarstellungen gegeben.

### **3 Temperaturfeldberechnung**

Grundwasserwärmepumpen werden in Baden-Württemberg zunehmend für Heiz- und Kühlzwecke im privaten und gewerblichen Bereich eingesetzt. Dazu wird Grundwasser gefördert, dem mittels Wärmetauscher Energie entzogen (zum Heizen) bzw. zugeführt (zum Kühlen) wird. Anschließend wird das thermisch veränderte Grundwasser wieder in denselben Grundwasserleiter zurückgegeben. Die dabei entstehende Temperaturfahne in Richtung des Grundwasserabstroms birgt ein Konfliktpotenzial, da sie sich in der Regel über mehrere Nachbargrundstücke erstreckt. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens für geothermische Anlagen ist es daher erforderlich, ein

Temperaturfeldprofil des Grundwassers zu erstellen. Hierbei werden Linien gleicher Temperaturdifferenz berechnet. Diese sogenannten Isothermen bilden das Temperaturfeld und werden auf die Fließrichtung des Grundwassers ausgerichtet. Abbildung E-1 zeigt ein Temperaturfeld, das mittels der Fachanwendung Grundwasser berechnet und direkt im dort integrierten GIS dargestellt wurde. Die Temperaturdifferenz nimmt von Rot nach Blau ab.

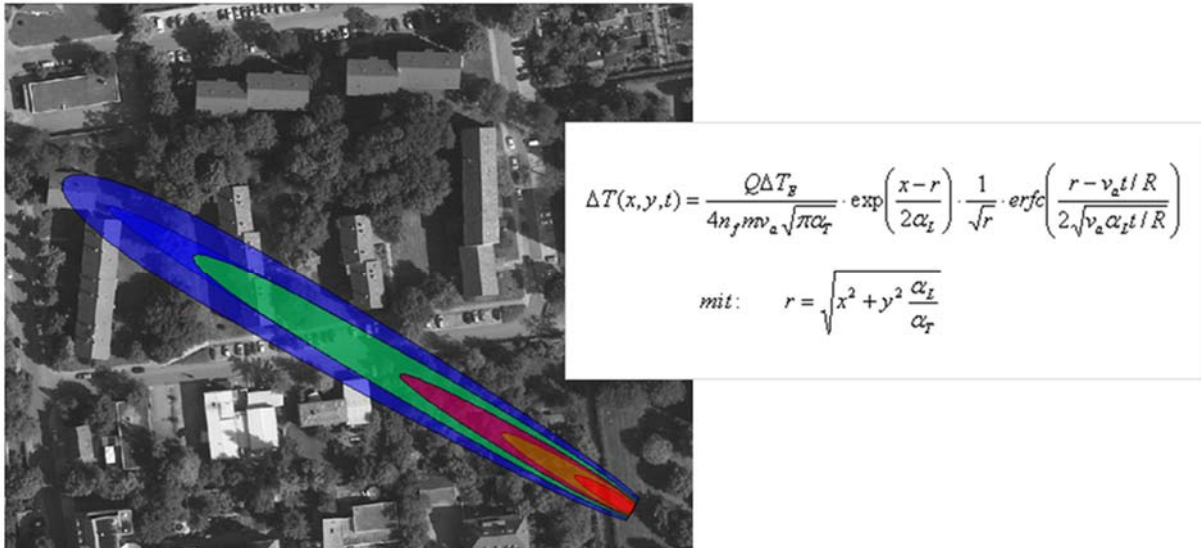


Abbildung E-1: Temperaturfeld und Berechnungsformel

Grundlage für die Berechnung und Bewertung von Temperaturfeldern ist ein vom Umweltministerium Baden-Württemberg herausgegebener Leitfaden [UM BW, 2009]. Das dort beschriebene Verfahren ist für kleinere Anlagen (Energieentzug bis ca. 45.000 kWh pro Jahr) geeignet. Neben anlagespezifischen Parametern (z.B. Infiltrationsrate und Differenz zwischen Einleit- und unbeeinflusster Grundwassertemperatur) gehen in die Berechnung Größen ein, die den Grundwasserleiter charakterisieren. Als Ergebnis erhält man an der Koordinate (x, y) die gesuchte Isotherme als Differenz zur Grundwassertemperatur.

In der Anwendung wurde ein eigenes Fachobjekt „Temperaturfeld“ eingeführt, das alle für die Berechnung notwendigen Parameter umfasst und geothermischen Anlagen zugeordnet wird. Es steuert die Berechnung der relevanten Isothermen, deren Polygonzüge wie bei anderen Geo-Themen (z.B. Grundwassereinzugsgebiet) als Geometrie in der Datenbank abgelegt werden und sich somit gemeinsam mit anderen Themen in Karten darstellen lassen. Einer geothermischen Anlage lassen sich

zugleich mehrere Temperaturfeld-Instanzen zuordnen, die sich in den Berechnungsparametern und den resultierenden Isothermen unterscheiden.

#### 4 Trendanalyse zur Grundwasserverordnung

Die Grundwasserverordnung (GrwV) vom 9. November 2010 schreibt in § 10 für die als gefährdet eingestuft Grundwasserkörper die Ermittlung und Bewertung der Konzentrationstrends für bestimmte Parameter wie z.B. den Nitratgehalt vor [BMJV, 2010]. Als zulässige Methoden sind spezifiziert:

- eine lineare Regression nach dem gaußschen Prinzip der kleinsten quadratischen Abweichung gekoppelt mit einem Ausreißer-Test
- ein Mann-Kendall-Test als parameterfreier, robuster Trendtest

Als Betrachtungszeitraum werden in der GrwV gleitende Sechs-Jahres-Intervalle zu Grunde gelegt. Für jedes Intervall wird nach den angegebenen Methoden der Trend ermittelt und dessen Steigung als Zeitreihe eingetragen. Der Übergang von einem steigenden in einen fallenden Trend (oder umgekehrt) wird als Trendumkehr bezeichnet und lässt sich aus einem Nulldurchgang dieser Zeitreihe bestimmen.

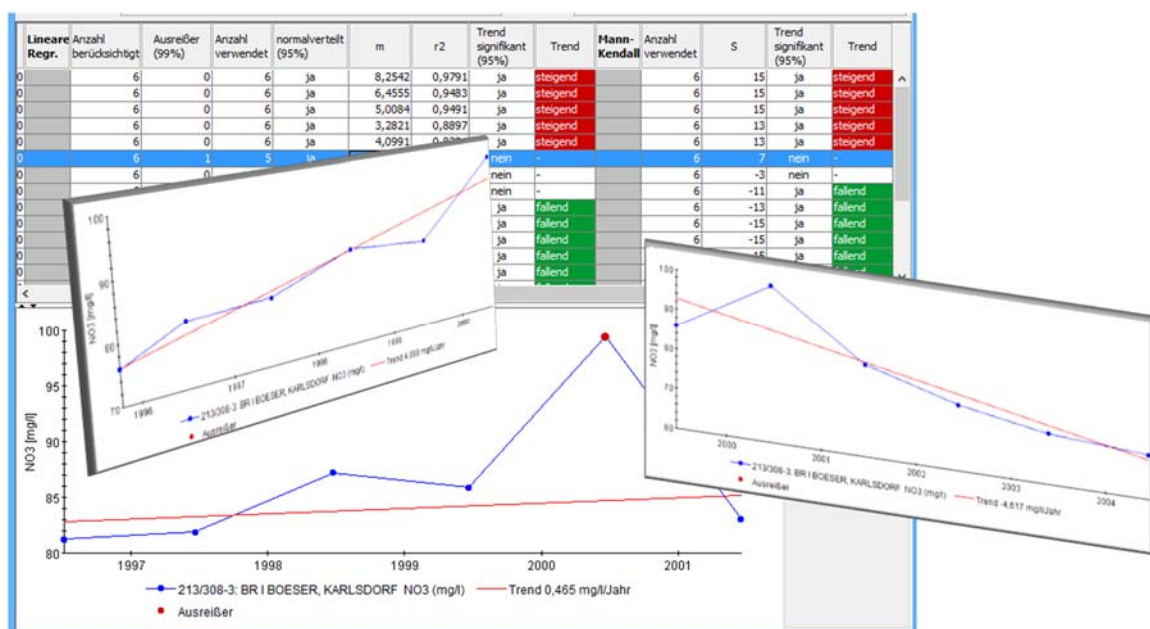


Abbildung E-2: Trendanalyse mit der Fachanwendung Grundwasser

Abbildung E-2 zeigt die Umsetzung in der Fachanwendung Grundwasser. Es werden beide Methoden mit einem gewählten Datenkollektiv parallel durchgeführt und das

Ergebnis in einer Kombination aus Tabelle und Diagrammen dargestellt. Durch farblich markierte Zellen (rot: steigender Trend, grün: fallender Trend) ist eine Trendumkehr sofort erkennbar.

## 5 Diagramme der Nass- und Trockenperioden

Im Bereich der Diagramme erlaubt die Fachanwendung Grundwasser sehr unterschiedliche Darstellungsweisen. Die klassische Darstellung von Messwerten als Zeitreihen mit oder ohne Trendgerade ist oft nicht ausreichend. Die in Abbildung E-3 für eine Messstelle exemplarisch dargestellte Diagrammform „Nass- und Trockenperioden“ wurde durch die LUBW neu entwickelt, um sehr anschaulich Perioden mit unter- bzw. überdurchschnittlichen Grundwasserständen sichtbar zu machen.

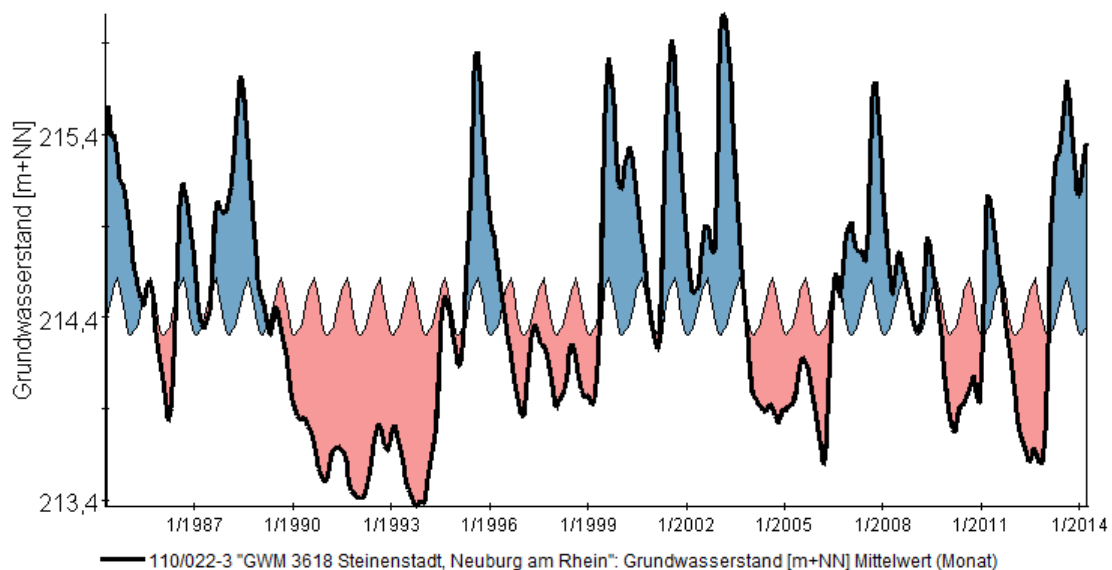


Abbildung E-3: Diagramm zur Darstellung von Nass- und Trockenperioden

Der fett gezeichnete Kurvenverlauf visualisiert monatliche Mittelwerte der Grundwasserstände an der Messstelle im betrachteten Zeitraum. Zusätzlich sind im mittleren Bereich des Diagramms die langjährigen Monatsmittelwerte des Grundwasserstands zu sehen, die sich in jährlichem Rhythmus wiederholen. Kurvenbereiche, in denen die langjährigen Werte überschritten sind, sind blau gefärbt, eine Unterschreitung wird rot gekennzeichnet. Mit dieser Darstellungsform sind Abfolge, Dauer und Intensität von Nass- und Trockenperioden sehr deutlich erkennbar.

Diese Diagrammform wurde in der Fachanwendung nicht fest ausprogrammiert, sondern lässt sich dort mit dem Konfigurationswerkzeug Diagramm-Assistent interaktiv erstellen und als Vorlage abspeichern. Sie findet sich mittlerweile auch im Internetangebot „Grundwasserstände und Quellschüttungen“ (GuQ) der LUBW [LUBW, 2016]. Die dort veröffentlichten Diagramme werden anhand der Fachanwendung Grundwasser erstellt und regelmäßig aktualisiert.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Artikel wurden neuartige Auswertemöglichkeiten gezeigt, die exemplarisch aktuelle Anforderungen in diesem Bereich widerspiegeln. Neuartige Visualisierungen wie die Diagrammform „Nass- und Trockenperioden“ bieten schnellere Einsichten in die relevanten Fragestellungen.

In Zukunft stellt sich vermehrt die Frage, wie nun diese Erkenntnisse auch in Richtung des Bürgers transportiert werden können. Hierzu müssen die Daten in verständlicher Form auf Webseiten zur allgemeinen Verfügung gestellt werden. Es ist zu prüfen, inwiefern sich andere Darstellungsarten als die aktuell gebräuchlichen Kurvenverläufe für die Zielgruppe eignen.

## **7 Literaturverzeichnis**

[BMJV, 2010]

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Verordnung zum Schutz des Grundwassers. [http://www.gesetze-im-internet.de/grwv\\_2010/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/grwv_2010/index.html)

[Disy, 2016]

Disy Informationssysteme GmbH: Cadenza.

<http://www.disy.net/produkte/cadenza.html>

[Fischer-Stabel, 2013]

Peter Fischer-Stabel (Hrsg.): Umweltinformationssysteme. Grundlegende Konzepte und Anwendungen. Wichmann, Heidelberg, 2013

[LUBW, 2015]

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Grundwasser-Überwachungsprogramm. Ergebnisse der Beprobung 2014. Reihe Grundwasserschutz Bd. 51. Karlsruhe, 2015.

[LUBW, 2016]

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Grundwasserstände und Quellschüttungen.

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/2702/>

[Schmieder, 2014]

Schmieder, Martin et al.: GWDB Neue Entwicklungen in der WIBAS-Fachanwendung Grundwasser. In: Weissenbach, K. et al. (Hrsg.): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme, Phase II 2012/14, KIT Scientific Reports 7665, Karlsruhe, 2014

[Schuhmann, 2015]

Schuhmann, Dieter; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Handbuch „Grundwasserdatenbank“. LUBW-Fachbroschüre. Karlsruhe, 2015

[Stumpp, 2014]

Stumpp, Jörg; Hilbring Desiree et al.: WaterFrame® Neue Entwicklungen in den Gewässerinformationssystemen in Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern. In: Weissenbach, K. et al. (Hrsg.): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme, Phase II 2012/14, KIT Scientific Reports 7665, Karlsruhe, 2014

[UM BW, 2009]

Umweltministerium Baden-Württemberg: Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen. Stuttgart, 2009.