Grundwassermonitoring in Sachsen gemäß den Anforderungen der WRRL

Karin Kuhn, Barbara Gabriel, Stephan Hannappel

Für die 77 Grundwasserkörper in Sachsen wurden spezifische Beschaffenheitsmuster erarbeitet. Auf dieser Grundlage wurden die spezielle hydrochemisch geprägte Beschaffenheit und eine Beurteilung eventuell vorhandener Beeinflussungen ermittelt. Mit diesem Kenntnisstand wurden 183 Messstellen für die überblicksweise Überwachung gemäß Anhang 5 der WRRL ausgewählt. Innerhalb so genannter „Repräsentanzgebiete" um die Messstellen herum ist somit ein Vergleich mit grundwasserkörperbezogenen Kenngrößen möglich.

1. Einleitung

Nach den Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) [1] ist gemäß Artikel 4 bis 2015 ein flächendeckend guter Zustand des Grundwassers in den durch die Mitgliedsländer ausgewiesenen Grundwasserkörpern zu erreichen. Zur Überwachung des Grundwassers sind gemäß Artikel 7 und 8 der Richtlinie Messnetze aufzubauen. Das Überwachungsnetz zur chemischen Charakterisierung muss bis Ende 2006 aufgebaut sein. Anforderungen an die Überwachungsmessnetze werden in Anhang V Nr. 2 der WRRL formuliert. Die Konzeption des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) zur Grundwasserüberwachung [2] legt die Umsetzungsstrategie für Sachsen fest.

Ziel eines Forschungsvorhabens von Oktober 2005 bis November 2006 war es, die Grundlagen für die chemische Charakterisierung der Grundwasserkörper in Sachsen zu schaffen, die Messstellen der zukünftigen überblicksweisen Grundwasserüberwachung zu ermitteln sowie erste Grundsätze für die Bewertung der zukünftigen Messergebnisse zu erarbeiten.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus einem vorangegangenen Projekt [3] und dem Einsatz des Programmes KONTA^{06} [4] sollten die konzeptionellen Grundlagen für die Bewertung der Aussagefähigkeit der Messergebnisse von Grundwassermessstellen und die Beurteilung der Repräsentanz zur Kennzeichnung und Beschreibung von Grundwasserkörpern durchgeführt werden.

2. Grundwasserkörper in Sachsen

Landesweit und an den Landesgrenzen mit den Nachbarländern abgestimmt sind Grundwasserkörper ausgewiesen. Sie sind gemäß Anhang 5 der WRRL ab 2007 mit einem Monitoring zu belegen, das folgende Aspekte berücksichtigt:

- Erfüllung der Anforderungen der Art. 7 („Gewässer für die Entnahme von Trinkwasser") und 8 („Überwachung des Zustandes der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Schutzgebiete") der WRRL,
- eine kohärente und umfassende Übersicht über den chemischen Zustand des Grundwassers in jedem Einzugsgebiet ist zur erlangen,
- langfristige anthropogene Trends der Zunahme von Schadstoffen sind festzustellen.

Die weiteren Bestimmungen des Kapitels 2.4 des Anhanges 5 der WRRL unterscheiden zur Überwachung zwischen einer „überblicksweisen" und einer „operativen" Überwachung.

Unter den 77 Grundwasserkörpern, die vollständig oder teilweise in Sachsen liegen, wurden 50 als „potenziell nicht gefährdet", 27 hingegen als „potenziell gefährdet" beschrieben [5]. Die als „potenziell gefährdet" eingeschätzten Grundwasserkörper sind im Durchschnitt etwa 5 500 km² groß und umfassen einen Anteil an der Landesfläche von 28 %.

Das im Jahr 2006 betriebene „Grundmessnetz Beschaffenheit" war den skizzierten Anforderungen der WRRL anzupassen. Als erster Schritt wurde hierfür eine Analyse aller verfügbaren Messstellen auf ihre Relevanz innerhalb der ausgewiesenen Grundwasserkörper durchgeführt (räumliche Verteilung, anthropogene Beeinflussung, technischer Zustand). Diese Analyse berücksichtigte vor allem die hydrogeologischen Besonderheiten der einzelnen Grundwasserkörper auf der Grundlage von Daten der sächsischen Blätter der „Hydrogeologischen Übersichtskarte von Deutschland" (HÜK 200). Landesweit wurden die Daten der HÜK 200 unter vorwiegend hydrogeologischen (im Festgestein) und hydrodynamischen (im Lockergestein) Aspekten digital zu 14 sog. „hydrogeochemischen Einheiten" aggregiert [3].

Der Kenntnisstand im LfUG zu Grundwasseraufschlüssen inklusive Quellen sowie deren Identifizierung und technischen Überprüfung vor Ort im Rahmen von Geländearbeiten diente als Grundlage für die Optimierung des Messnetzes. Hieraus ergaben sich die Vorschläge sowohl zur Aussonderung als auch zur Integration, zum Neubau oder zum Ersatzneubau von Messstellen (**Bild 1**).

Insgesamt wurden 183 Messstellen für die überblicksweise Überwachung von 68 der 77 Grundwasserkörper vorgeschlagen, 45 davon entstammen dem bisherigen Grundmessnetz. Zusätzlich wurden 38 Grundwassermessstellen, 30 Quellen und 25 Brunnen aus den darüber hinaus bekannten Aufschlüssen ausgewählt. An 25 Standorten wurde ein Ersatzneubau von vorhandenen, aber technisch nicht mehr genügenden Aufschlüssen und an 20 Standorten ein kompletter Neubau vorgeschlagen. **Bild 2** dokumentiert die Struktur des vorgeschlagenen Bestandes.

3. Hydrochemische Messstellenbewertung mit dem Programm KONTA^{06}

Das Programm KONTA^{06} ermöglicht die Bewertung und Analyse geogener und anthropogener Einflüsse der Neubildungsflächen des Grundwassers einer Messstelle oder des an einer Quelle frei ausfließenden Wassers. Für jeden Aufschlusspunkt wird eine separate Prüfung und Bewertung der Daten mit den Analysetools von KONTA^{06} durchgeführt. Dabei greift das Programm online auf die beim LfUG vorgehaltenen Analysedaten zu.

Ein komplexes Beschaffenheitsmuster wird anhand von Grundwasseranalysedaten für eine größere Anzahl definierter Parameter auf seine Relevanz geprüft. Durch Berechnung mit unterschiedlichen Musterkombinationen wird erreicht, dass die Befunde der aktuellen Analysedaten weitestgehend innerhalb der Grenzwerte des ausgewählten Musters liegen. Die Bestandteile des genutzten Musters (Typen der hydrogeochemischen Einheit, Versauerung als mögliche Auswirkung durch atmosphärischen Stoffeintrag, landwirtschaftliche Nutzung, Besiedelung) sind die Ergebnisse der Bewertung.

Die Sichtung der Grundwasserbeschaffenheitsdaten unter geologischen bzw. hydrogeologischen Aspekten ist eine wichtige Voraussetzung zur Einschätzung der zu erwartenden hydrogeochemischen Verhältnisse am Aufschlusspunkt. Stammdaten, Schichtenverzeichnisse, aber auch fachspezifische Bearbeitungen bilden die weitere Basis.

Des Weiteren wird angenommen, dass die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung sowie der Besiedelung nicht nur einzelne „Indikator"-Parameter, sondern durch verstärkte Stoffeinträge eine breite Parameterpalette mit allerdings teilweise nur geringen Konzentrationsveränderungen betreffen. Graduell werden verschiedene Stadien der Beeinflussung berücksichtigt.

Für die Erstbewertung aller Messstellen wurden prinzipiell verfügbare Muster eingesetzt. Für Sachsen wurde die „Thüringer Liste" insbesondere für den Lockergesteinsbereich unter Einsatz rangstatistischer Verfahren ergänzt.

Dazu wurden auf der Grundlage einer umfangreichen Erstbewertung (ca. 1250 Messstellen) prototypische Muster für Sachsen (insgesamt 14 Ein-

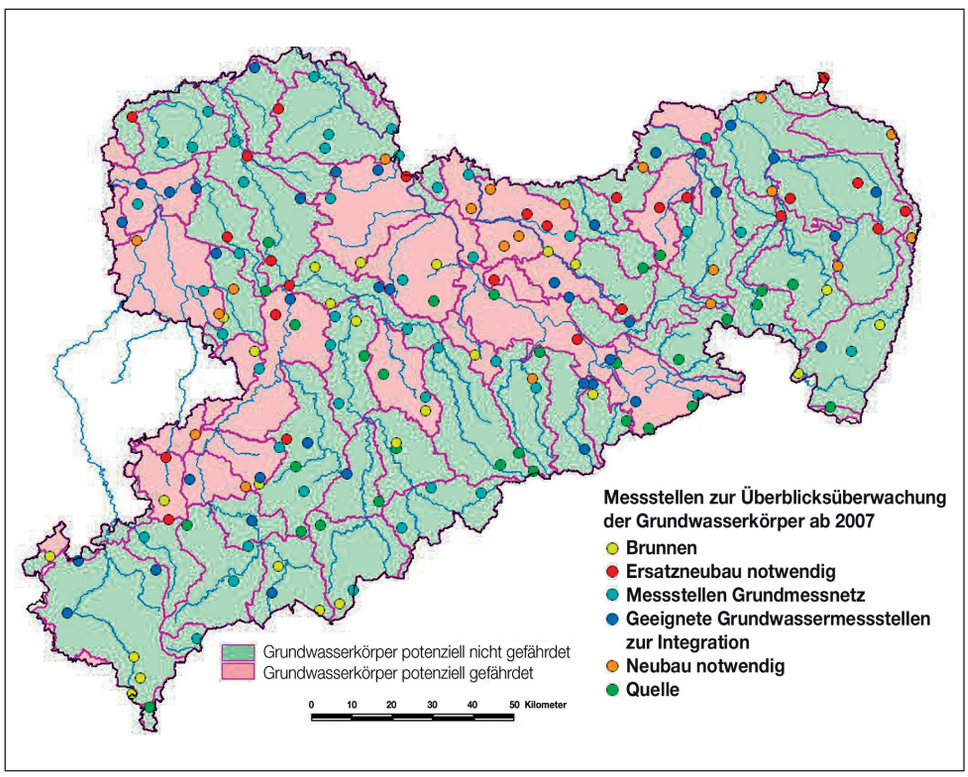

Bild 1: Regionale Bewertung der Gefährdung der 77 Grundwasserkörper in Sachsen und Auswahl von Messstellen für die überblicksweise Überwachung nach Wasserrahmenrichtlinie ab 2007

Tabelle 1: Übersicht der bei KONTA^{06} berücksichtigten anthropogenen Einflüsse

Beeinflussungsgrad	0	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4
Beschreibung	ohne	zeitweise sehr gering	zeitweise gering	kontinuierlich gering	mittel	hoch	sehr hoch	extrem hoch
Landwirtschaft	L0	L1.1	L1.2	L1.3	L2	L3.1	L3.2	L4
Besiedelung	A0	A1.1	A1.2	A1.3	A2	A3.1	A3.2	A4
Beeinflussungsgrad	0	1	2	3				
Beschreibung	ohne	gering	mittel	hoch				
Versauerung	S0	S1	S2	S3				

heiten mit 74 Typen) mit einem Buchstaben/Zahlen-Schlüssel abgeleitet:

E für hydrogeochemische **E**inheit,

T für der jeweiligen Einheit zugeordnete **T**ypen und einer Zahlenkombination für das jeweilige Beschaffenheitsmuster

Pq statt T bei stark erhöhter Mineralisation bzw. Verdacht der Beeinflussung durch eine **P**unkt**q**uelle.

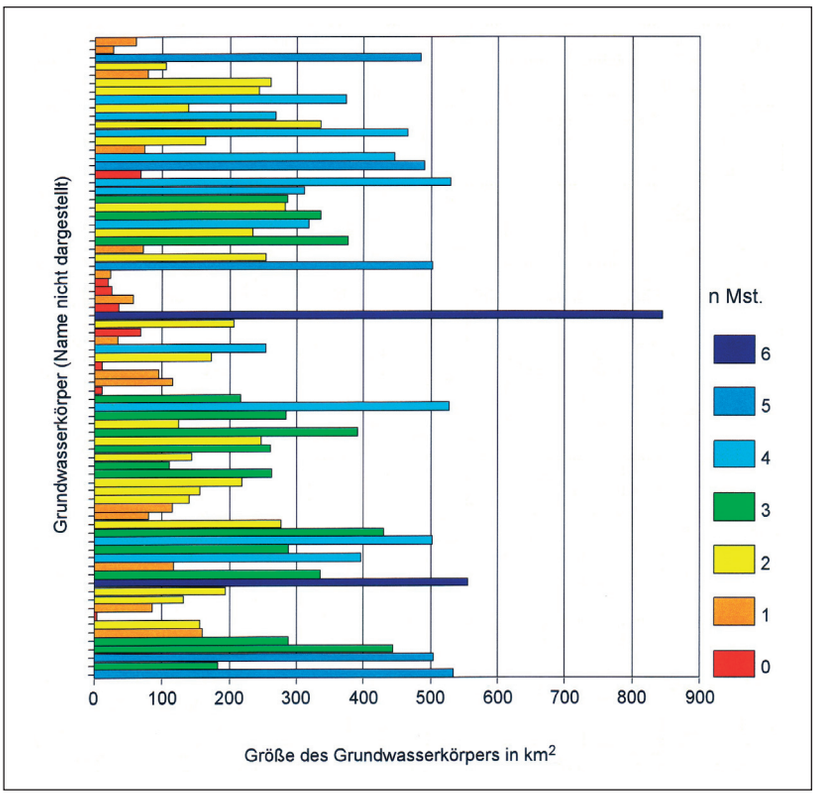

Bild 2: Struktur des Messnetzes der Überblicksüberwachung innerhalb der 77 Grundwasserkörper Sachsens

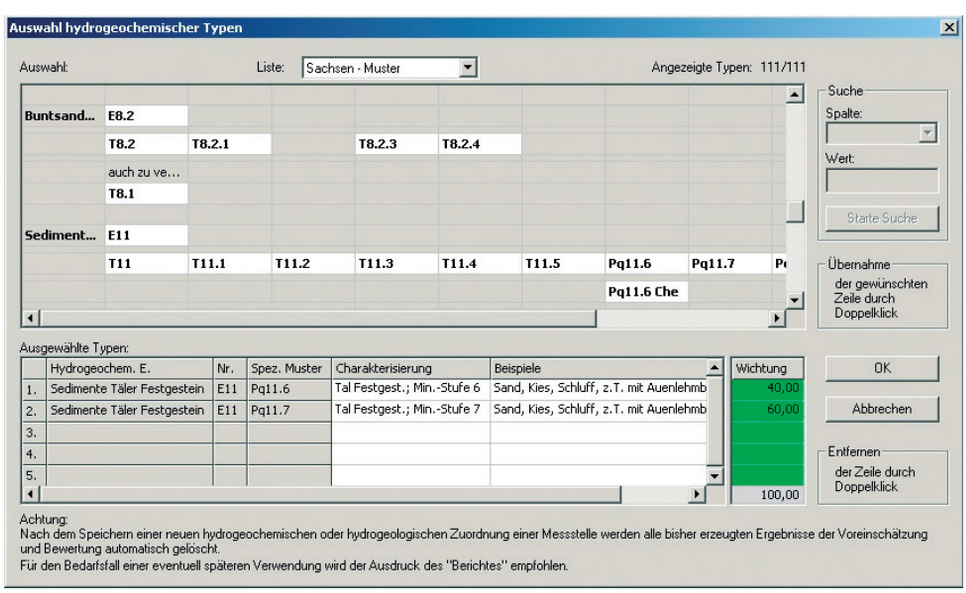

Bild 3: Übersicht der Sächsischen Muster für die Auswahl zur Berechnung (Ausschnitt)

Mit den bei KONTA^{06} verfügbaren Werkzeugen konnten nach fachlichen Gesichtspunkten ausgewählte Messstellen in Pools zusammengefasst und die zugehörigen Analysedaten aggregiert werden. Die neu ermittelten Muster wurden in einen so genannten „Musterbaum" aufgenommen und stehen für die Anwendung zur Verfügung.

Beispielhaft wurde im **Bild 3** das neu abgeleitete Muster „Pq11.6Che" markiert dargestellt. In der unteren Bildhälfte ist zu erkennen, dass für die geladene Messstelle zunächst die prototypischen Muster Pq11.6 und Pq11.7 zu je 50 % zur Bewertung ausgewählt wurden. Landesweit wurde das in der **Tabelle 2** dargestellte Parameterspektrum für alle Muster festgelegt.

Tabelle 2 zeigt für die hydrogeochemische Einheit „Täler Lockergestein" beispielhaft untergeordnete T-Muster, wobei

- Muster T15 die Spannweiten mit den geringsten Konzentrationen der Kriterien aufweist,
- Muster T15S1 zugehörig zu T15 ist und die Konzentrationen bei geringer Versauerung (S1) beschreibt und
- Muster T15.3 die Konzentrationsverhältnisse bei relativ gering erhöhter Mineralisation beschreibt.

Bei der erneuten Bewertung aller Messstellen sowie durch Berücksichtigung weiterer Parameter erfolgte sowohl eine Differenzierung als auch eine Erweiterung der prototypischen Muster. Für einige Muster wurde es erforderlich, den Einfluss der Versauerung in verschiedenen Intensitäten zu berücksichtigen. Das betrifft besonders Muster mit Punktquellen-Verdacht (Pq-Muster) und bezieht sich hier auf anthropogen bedingte bzw. initiierte Versauerung (z. B. als Folgeerscheinung des Braunkohlenbergbaus), die häufig an andere Begleiterscheinungen gekoppelt ist.

Exemplarisch wurde ein für die Stadtfläche Chemnitz regionalspezifisches Muster mit Beeinflussung durch Punktquellen (Pq) ermittelt (**Bild 4**). Verbreitet sind die Einheiten E11 („Täler Festgestein" und E6 „Molasse"). Für beide Einheiten wurden auf der Grundlage der verfügbaren Analysedaten von insgesamt 23 Messstellen je 2 graduell unterschiedlich beeinflusste Pq-Muster (Pq11.6Che, Pq11.7Che, Pq6.5Che und Pq6.6Che) ermittelt.

4. Ermittlung flächenhafter Übersichten zur diffus wirksamen Belastung

Zum Ermitteln von flächenhaften Übersichten ist es notwendig, die Konzentration der für die diffuse Grundwasserbelastung typischen Parameter zu regionalisieren. Hierzu wurde das Programm SIMIK+ eingesetzt [6]. Dieses bezieht zusätzlich zu den numerischen Beschaffenheitsdaten klassierte Zusatzinformationen (z. B. zur Landnutzung bzw. zur Hydrogeologie oder zur Grundwasserdynamik) in die Regionalisierung mit ein. Das Verfahren ist in eine ArcView-3.x-Routine implementiert und wird von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz des Landes Baden-Württemberg (LUBW) routinemäßig zur Darstellung der Analyseergebnisse des landesweiten Monitorings eingesetzt. Seitens des LfUG wurden die benötigten Zusatzinformationen zur Landnutzung [7] und zur Hydrogeologie (HÜK 200) digital zur Verfügung gestellt. Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Aggregierung der punktbezogenen Datenbasis zu den Messstellen,
- Auswahl von Parametern (Nitrat, Ammonium, Kalium, Chlorid, Sulfat, pH-Wert), mit messwertbezogenen Plausibilitätsprüfungen und Auswahl räumlich benachbarter Messstellen,
- Terminbezogene Auswahl (Daten aus dem Zeitraum von 1990 bis 2005),
- Aggregierung von Beschaffenheitsdaten sowie Auswahl und Aufbereitung von flächenhaften Zusatzinformationen und Analyse der Spannweiten von Konzentrationen in Klassen der Zusatzinformationen (**Bild 5**),
- Variogrammanalysen zur Ermittlung des am besten angepassten geostatistischen Modells und Regionalisierung mit dem Programm SIMIK+ pro Parameter,
- Festlegung von Klassengrenzen anhand von Perzentilbereichen bzw. Schwellenwerten,
- rangstatistische Ermittlung von Belastungsgebieten der diffusen Grundwasserbelastung,
- Ergebnisdarstellung in Form von Übersichtskarten (exemplarisch in **Bild 6**).

Tabelle 2: Spannweiten der hydrogeochemischen Einheit E 15 zugeordneter T-Muster

	Beschaff. Muster T15			Beschaff. Muster T15 S1			Beschaff. Muster T15.3		
Parameter 1	**Mittel**	**Min**	**Max**	**Mittel**	**Min**	**Max**	**Mittel**	**Min**	**Max**
Na [mg/l]	15,5	3	28	12,5	2,8	22,2	25,65	6,9	44,4
K [mg/l]	2,5	1,5	3,5	1,95	1,2	2,7	3,7	2,5	4,9
Mg [mg/l]	21,5	1	42	16,1	0,8	31,5	37,8	9,6	66
Ca [mg/l]	61,5	5	118	52,7	4,4	101	109,5	47	172
Al [µg/l]	5	0,1	10	12.5	5	20	5	0,1	10
HCO3 [mg/l]	79,5	15	144	70,2	10,4	130	199,1	22,2	376
SO4 [mg/l]	120,5	21	220	136,9	26,3	247,5	182	24	340
Cl [mg/l]	39,5	5	74	58,9	8,8	109	76,6	8,2	145
GH [mmol/l]	2,42	0,17	4,67	1,98	0,14	3,82	4,29	1,57	7,01
KH [mmol/l]	1,31	0,25	2,36	1,15	0,17	2,13	3,27	0,36	6,17
PH	6,9	6,2	7,6	6,5	5,7	7,2	6,7	6,2	7,2
LF [µS/cm]	426	71	781	443	78	807	775	178	1373
Parameter 2	**Mittel**	**Max**	**Min**	**Mittel**	**Max**	**Min**	**Mittel**	**Max**	**Min**
O2 [mg/l]	4,5	9	0,1	4,5	9	0,1	4,5	9	0,1
AOX [µg/l]	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	0
DOC [mg/l]	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1	0
NH4 [mg/l]	0,05	0,1	0	0,15	0,3	0	0,05	0,1	0
NO2 [mg/l]	0,01	0,01	0	0,03	0,05	0	0,01	0,01	0
NO3 [mg/l]	5,5	11	0	6	11,5	0,5	6	12	0
Nan [mg/l]	1,28	2,57	0	1,48	2,85	0,11	1,4	2,79	0
o-PO4 [mg/l]	0,01	0,03	0	0,05	0,1	0	0,01	0,03	0
B [mg/l]	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0
E-PSM [µg/l]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Su LHKW [µg/l]	0	0	0	0	0	0	0	0	0

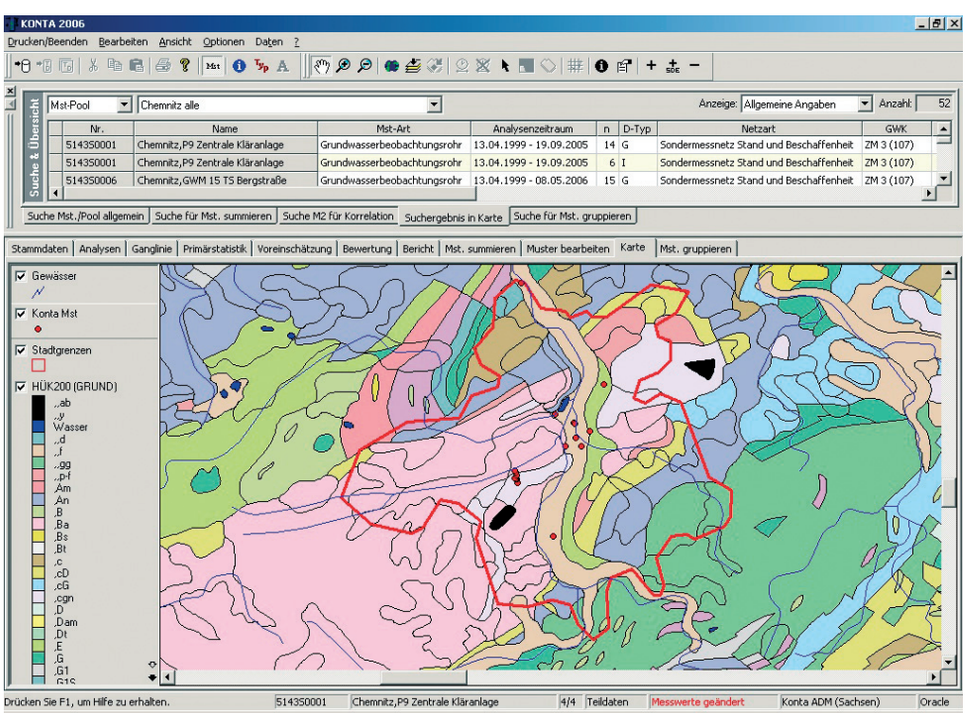

Bild 4: Darstellung Stadtfläche Chemnitz mit Lage der berücksichtigten 23 Messstellen

Für die geostatistische Analyse wurde anhand der Variogrammanalyse innerhalb des Programmes SIMIK+ pro Parameter geprüft, welches Verfahren im Methodenvergleich untereinander am sinnvollsten eingesetzt werden kann.

5. Exemplarische Ausweisung von Repräsentanzgebieten

Die ausgewählten 183 Grundwasseraufschlüsse sollen die naturräumliche Charakterisierung der betreffenden Grundwasserkörper repräsentativ widerspiegeln (z. B. Landnutzung, hydrogeochemische Einheiten, Grundwasserneubildung). Zu diesen Kategorien liegen neben den Ergebnissen der KONTA-Bewertung landesweit digitale Kenntnisse in Form der „Steckbriefe" aus der „Bestandsaufnahme Grundwasser" vor. Diese enthalten eine Fülle charakteristischer flächengewichteter hydrologischer, pedologischer, (hydro-)geologischer und wasserwirtschaftlicher Informationen, z. B.:

- grundwasserabhängige Oberflächengewässer und Land-Ökosysteme,
- Verteilung der Landnutzungsklassen,
- Charakterisierung der Deckschichten und vorherrschende Bodentypen,
- potenzielle Bewirtschaftungsfähigkeit und wasserwirtschaftliche Bedeutung,
- hydrogeologische Charakteristik aus der HÜK 200.

Zur vergleichenden Bewertung der Repräsentanz der Messstellen zwischen den oben genannten Kategorien und den entsprechenden Verhältnissen des Grundwasserkörpers wurden flächenhafte Informationen erarbeitet. Dies wurde exemplarisch an ausgewählten Messstellen durchgeführt.

Grundwassermessstellen sind in Bezug auf die Erdoberfläche immer punktuelle Objekte. Die Ermittlung des als relevant eingeschätzten Kenntnisstandes für diesen Punkt und darauf aufbauend der Vergleich mit Flächeninformationen wird oftmals auf dieser punktuellen Grundlage durchgeführt. Dies erscheint jedoch vor dem Hintergrund der Grundwasserdynamik nicht sinnvoll. Da das Grundwasser immer in Bewegung ist, repräsentiert das am Ort des Aufschlusses zu verschiedenen Zeitpunkten entnommene Wasser eine (zeitlich integral betrachtete) Fläche, innerhalb derer es neu gebildet wurde. In Bezug auf einen Brunnen mit einer definierten und regelmäßigen Entnahmerate wird diese Fläche als „Einzugsgebiet" bezeichnet. Bei Messstellen ohne Nutzung ist lediglich eine Annahme zum Zuflussgebiet möglich. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser innerhalb der Gesamtfläche in unterschiedlich langen Zeiten zum Ort der Entnahme an einer Messstelle strömt. Berücksichtigt wird dabei nicht die vertikal geprägte Komponente der Sickerwasserbewegung, sondern die lateral geprägte Kompo-

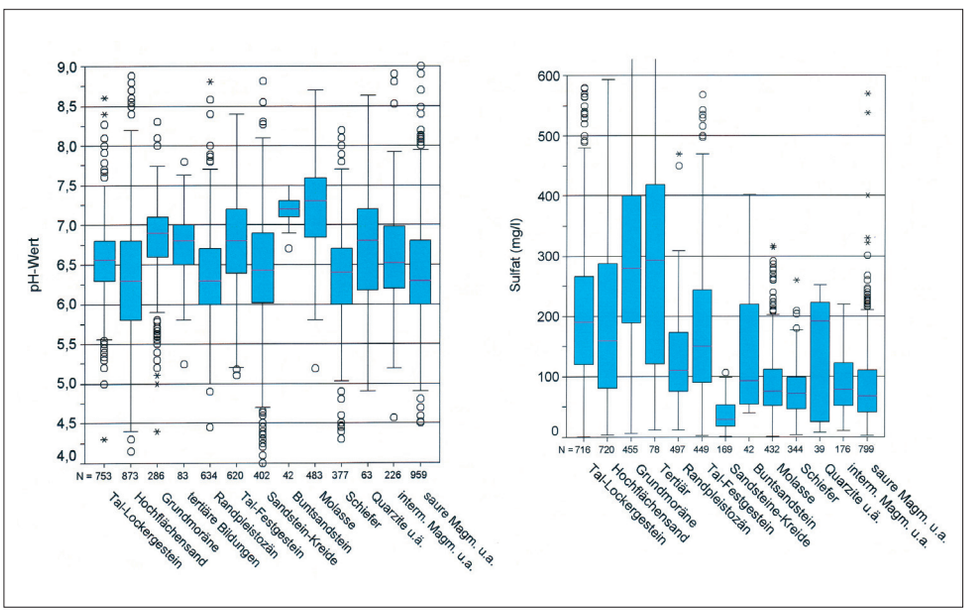

Bild 5: Konzentrationen von Sulfat und pH-Wert innerhalb der Klassen von 12 hydrogeochemischen Einheiten

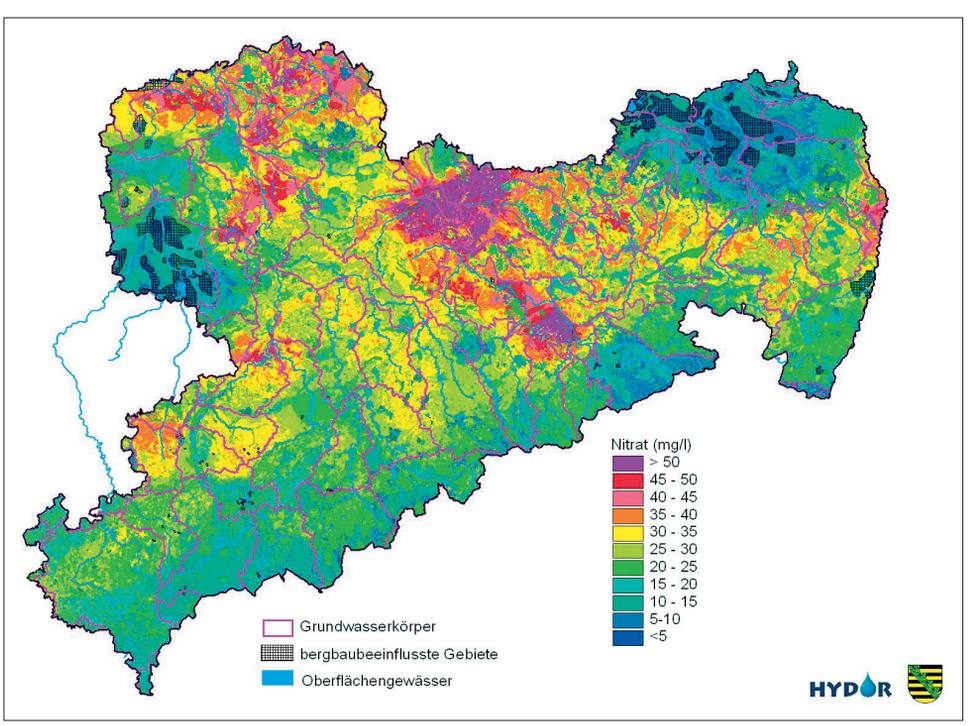

Bild 6: Flächenhafte Darstellung der Konzentrationen von Nitrat auf Basis der von SIMIK+-berechneten Rasterzellenelemente

nente des Grundwasserfließens in der gesättigten Zone. Diese kann sehr stark variieren, sodass es nicht sinnvoll ist, das maximal mögliche Zustromgebiet für die Messstellen zu ermitteln, welches – zumindest im Lockergestein – anhand von Grundwassergleichenplänen ermittelt werden könnte.

Als Kompromiss zwischen der Ermittlung der maximalen Ausdehnung der Einzugsgebietsfläche, innerhalb derer das neu gebildete Grundwasser der Messstelle zuströmt und den überwiegend punktbezogenen Informationen zur Lage der Messstelle wurde eine Fläche ermittelt, innerhalb derer die Ausprägung der relevanten Informationskategorien einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung der Grundwasserbeschaffenheit der Messstelle besitzt. Dies ist zumeist eher im näheren als im weiteren Umfeld der Messstelle der Fall. Daher wurde dieses „relevante" Umfeld für ausgewählte Messstellen räumlich ausgewiesen und im Sinne eines „Zufluss-„ bzw. „Repräsentanzgebietes" für die bearbeitete Messstelle interpretiert. Im Festgestein ist die Abgrenzung eines solchen Gebietes grundsätzlich problematischer als im Lockergestein, da die Grundwasserführung an Klüfte und/oder Störungszonen gebunden ist und die flächenhafte Grundwasserführung nur untergeordnet am Abflussprozess beteiligt ist. Daher wurde bei der Ermittlung der Gebiete sowohl zwischen Messstellen in Poren-, Kluft-/Poren- und Kluftgrundwasserleitern als auch nach der Filtertiefe unterschieden und in Richtung des Anstrombereiches zur Messstelle das jeweilige Repräsentanzgebiet ausgewiesen.

Die zur Erklärung der Grundwasserbeschaffenheit relevanten Anteile der Informationskategorien (z. B. Landnutzung, hydrogeochemische Einheiten) der Repräsentanzgebiete wurden anschließend in Beziehung zu den entsprechenden Anteilen innerhalb der Grundwasserkörper gesetzt. Aus dem Vergleich dieser beiden Anteile konnte dann die Relevanz der Messstelle für die Überblicksüberwachung bewertet werden.

6. Ausblick

Mit den empfohlenen 183 Messstellen (Grundwassermessstellen, Brunnen, Quellen) wird ab 2007 die landesweite Überblicksüberwachung der Grundwasserkörper in Sachsen durchgeführt. Auf Grundlage der ausgewiesenen Zuflussgebiete und messstellenbezogenen Bewertungsergebnisse kann der Vergleich mit den Kennzahlen der Steckbriefe der Bestandsaufnahme hergestellt werden.

Für die operative Überwachung in den möglicherweise chemisch gefährdeten Grundwasserkörpern kann die vorgenommene Einschätzung der potenziellen Gefährdung mit dem Instrument der flächenhaften Regionalisierung und der daraus abzuleitenden Belastungsgebiete vorgenommen werden. Die Einschätzung ist dabei in Abständen mit dem Ziel der Optimierung der Messnetze zu überprüfen.

Literatur

[1] EG (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) vom 22.12. 2000, Luxemburg.

[2] LFUG (2006): Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Rahmenkonzeption zur Gewässerüberwachung in den sächsischen Teilen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder – Sächsisches Monitoringkonzept. Dresden, 2006.

[3] Hydor (2005): Qualifizierung des Programms KONTA – Teil Grundlagenarbeit – zur Ermittlung der Beschaffenheitsmuster der hydrogeologischen Einheiten in Sachsen.-Bericht der Hydor Consult GmbH an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie vom 31.05.2005, Berlin (unveröff.).

[4] Gabriel (2006): KONTA^{06}, Fritz+Frölich Anwenderhandbuch Umweltinformationssysteme GmbH, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie Erfurt (unveröff.).

[5] LFUG (2004): Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.): Europäische Wasserrahmenrichtlinie – Neue Impulse für Sachsen. Kompaktbericht zur Bestandsaufnahme nach WRRL im Freistaat Sachsen. Dresden, 2005.

[6] Bárdossy, A., U. Haberlandt und J. Grimm-Strele (1997): Interpolation of Groundwater Quality Parameters Using Additional Information, geoENV I – Geostatistics for Environmental Applications (Soares, A., et al., eds), Kluver Academic Publishers.

[7] LFUG (2003): Weiterentwicklung der Umweltbeobachtung mittels Satellitenbilddaten im Freistaat Sachsen. – FuE-Vorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden (unveröff.).

Autoren

Dipl. Hydr. Karin Kuhn,
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie,
PF 800132, 01101 Dresden
E-Mail: Karin.Kuhn@smul.sachsen.de

Dr. Barbara Gabriel,
F+F Umweltinformationssysteme GmbH,
Glockengasse 22, 99084 Erfurt
E-Mail: bgabzig@fundfgmbh.de

Dr. Stephan Hannappel,
Hydor Consult GmbH,
Am Borsigturm 40, 13507 Berlin,
E-Mail: hannappel@hydor.de

Anzeige

bgu-Fernwirktechnik mobil und mehr… *bgu*-MoRIS!

- **Mobile Fernwirktechnik mit moderner SPS-Steuerung und Datenerfassung**
- **Zukunftssicheres System mit hohen Einspareffekten**
- **Universell einsetzbar in breitem Anlagenspektrum**

bgu – Umweltschutzanlagen GmbH
Schwabenstr. 27 · D-74626 Bretzfeld
Telefon (0 79 46) 91 20-0 · Fax 91 20-19
E-Mail: info@bgu-online.de

bgu-Fernwirktechnik Informationen unter www.bgu-online.de