

10 Zusammenfassung

Auf der Basis eines DBU-geförderten Forschungsprojektes „Entlastung privater Trinkwasserbrunnen. Konzepterstellung und Bewertungsstrategie.“ (BERLEKAMP, FUEST, GLÄBER, MATTHIES, SCHRECK & THÜRKOW, 2000) wurde die räumliche und zeitliche Entwicklung der Belastungssituation in privaten Trinkwasserbrunnen des gering bedeckten Lockergesteinsbereiches des Mittleren Erzgebirges im Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre untersucht.

Ziel war eine detaillierte Konflikt- und Ursachenanalyse zu den Gefahrenpotentialen des Schadstoffeintrags in die Trinkwasserbrunnen über einen längeren Zeitraum von fast 5 Jahren und die Ableitung von Entlastungsmaßnahmen im Rahmen eines regionalen Grundwasserschutzkonzeptes auf der Grundlage von

- Felduntersuchungen zur hydrogeologischen Situation in den Brunneneinzugsgebieten
- Bestimmungen und geostatistischen Auswertungen wesentlicher hydrochemischer Parameter zur Kennzeichnung der Brunnenwasserqualität im Sinne der Trinkwasserverordnung und der Herkunft des Brunnenwassers
- Untersuchungen der stabilen Isotope $\delta^{15}\text{N}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ zur Ermittlung der Herkunft des Nitrat-Stickstoffs
- raumbezogenen Analysen zum Naturraum, zur Nutzung und Bewirtschaftung sowie zum Landschaftswasser- und Stoffhaushalt im Brunnenanstrom durch die Anwendung von GIS-Techniken in Verbindung mit datenbankgestützten Speichermodellen im Rahmen eines an der Sektion Hydrogeologie des UFZ Leipzig-Halle entwickelten prototypischen Umweltinformationssystems Saidenbachtalsperre (WIESER & THÜRKOW, 1999).

Die wesentlichen Untersuchungsergebnisse sind folgend zusammengefasst.

Naturraumausstattung:

Die Einzugsgebiete der Brunnen sind durch eine geringe Grundwasserüberdeckung gekennzeichnet. Ihre Geschütztheit gegen Schadstoffeinträge ist somit gering. Sie stimmen in erster Näherung mit den oberirdischen Einzugsgebieten überein und weisen durchschnittlich eine Größe von nur 1,2 ha auf. Die mittleren Neigungen betragen $5,4^\circ$. Die mittleren Hanglängenmaxima liegen bei 340 Metern.

Der geologische Untergrund wird überwiegend durch Muskovitgneis, Injektionsgneis, Granulit-Aplitgneis und Granatglimmerfels gebildet. Die Bodentypen sind vor allem Pseudogleye und Gleye. In Senken, Tälern und an Unterhängen treten vermehrt Stauhorizonte mit gesättigten Wasserleitfähigkeiten von $K_f < 5 \text{ cm/d}$ auf.

Niederschlags-Abfluss-Geschehen:

Die mittleren Jahresniederschläge betragen im Untersuchungszeitraum 933 mm. Die durchschnittliche potentielle Evapotranspiration liegt bei 539 mm.

Auf Grundlage der entwickelten GIS-Applikation „WRAP - WATERSHED RISK APPLICATION“ zur Analyse des Landschaftswasser- und Stoffhaushalts ergeben sich in den Brunneneinzugsgebieten zwischen 1996 und 2000 mittlere Gesamtabflüsse von 450 mm, Infiltrationsraten von 350 mm und Direktabflüsse von 100 mm. 70 % der Grundwasserneubildung entfallen auf die vegetationslose Zeit, 85 bis 90 % auf das Winterhalbjahr.

In den Brunnen dominiert der Zwischenabfluss mit durchschnittlichen Anteilen > 90 %. Die Abflussspenden ergeben mittlere Trockenwetterabflüsse von etwa 1 bis 1,5 l/s*km². Nach Starkniederschlägen können sie > 60 l/s*km² betragen. Bei Feldkapazität im Boden werden die Scheitel der Abflussganglinien des Direktabflusses nach etwa 12 Stunden erreicht. Die Verweilzeiten des Zwischenabflusses sind somit außerordentlich gering und betragen < 1 Jahr bis < 1 Tag.

Im Raum Forchheim treten vom Oberflächenrelief unkorrelierte Grundwasserströmungen über Kluft- und Zerrüttungszonen auf, die sich auf tektonisch gestörte Bereiche begrenzen. Ein nennenswerter Grundwasserabfluss ist hier in Ausnahmefällen möglich und führt zu einem Nivellement von Abflussspende und Hydrochemie. Der in diesen Lagen dominante Basisabfluss weist Verweilzeiten von 8 bis 10 Jahren auf (SCHWARZE et.al., 1996).

Brunnenwasserbeschaffenheit:

Wegen fehlender bzw. kurzer Kontaktzeiten mit dem Festgestein sind die Gehalte gesteinsbürtiger Stoffe gering. Der dominante Zwischenabfluss führt im Sinne der Trinkwasserverordnung (TVO) bei etwa 33 % der untersuchten Hausbrunnen zu überhöhten Nährstoffbelastungen mit Nitrat > 50 mg/l. Für aus technischen Gründen nicht untersuchte hygienische Verunreinigungen sind Wasserqualitätsprobleme in ähnlichen Größenordnungen vorauszusetzen (vgl. TÄUMER, 1995).

Die dem Boden neben Stickstoff mit landwirtschaftlicher Düngung zugeführten Elemente Phosphor, Kalzium und Magnesium beeinträchtigen die Brunnenwasserqualität zu keinem Zeitpunkt. Grenzwertüberschreitungen der TVO durch Kalium (3,3 Prozent) treten nur in Ausnahmefällen auf, wenn Starkniederschläge Grundwasserneubildung zeitnah zu vorangegangener Düngung bewirken.

83 Prozent der Brunnenwässer weisen geogen bedingte leichte Versauerungen von pH < 6,5 auf. Metallbelastungen durch Eisen (8 %), Mangan (5%), Blei (4%) und Aluminium (3 %) sind lokale und zeitliche Einzelfälle und stehen in Zusammenhang mit dem Erreichen des Aluminium (Al-) und Aluminium/Eisen (Al/Fe)-Pufferbereichs nach Versauerungsschüben.

Diese sind auf den Eintrag von Säurebildnern aus der Atmosphäre und aus Düngung zurückzuführen. Zudem sind erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen verstärkt in den Bereichen sauerstoffärmerer Wässer der Störungszonen im Forchheimer Raum zu verzeichnen.

Überhöhte Natrium- (11%) und Chloridgehalte (19%) resultieren aus winterlichem Streusalzeinträgen von nahe gelegenen Straßen.

Hohe Sauerstoffgehalte und geringe Verweilzeiten schließen reduzierende Verhältnisse im Zwischenabfluss einschließlich Denitrifikation aus.

Die Nitratbelastung ist an räumliche Verteilungsmuster in Abhängigkeit von der Nutzung und Bewirtschaftung im Brunnenanstrom gebunden ([Acker - 55,5 mg/l] > [Siedlung - 45 mg/l] > [Dauergrünland - 23 mg/l] > [Nadelwald - 7 mg/l]). Grenzwertüberschreitungen werden vor allem durch intensive landwirtschaftliche Produktion bewirkt. Hier bestehen zeitliche Abhängigkeiten von der Fruchtfolge und zugehörigen Maßnahmen der Bodenbearbeitung, des Zwischenfruchtanbaus sowie der organischen und mineralischen Düngung. Nährstoffentzug, Auswaschung und Reproduktion der organischen Bodensubstanz werden durch diese Faktoren primär gesteuert ([Hackfrüchte - > 70 mg/l] > [Getreide - 50 bis 60 mg/l] > [Ackerfutter - < 25 bis 35 mg/l]). Flächenbewirtschaftungen mit organischer Düngung führen zu mittleren Nitratbelastungen von 59 mg/l, mit ausschließlicher mineralischer Düngung zu 47 mg/l. Stallmistdüngung erweist sich für die Nitratauswaschung als besonders gefährdend. Ursachen sind unzureichende Dosierungs- und Verteilgenauigkeiten bei der Ausbringung mit veralteter Technik, Mineralisationsschübe in Zeiten fehlender oder geringer Pflanzenentzüge und im Verhältnis zum Viehbesatz zu kleine Ausbringungsflächen (MICHALSKI, 2000). Zwischenfruchtanbau führt zu einer Reduzierung der Nitratgehalte im Brunnenwasser um 10 mg/l. Nutzungs- und Bewirtschaftungsszenarien ergeben jedoch selbst bei optimaler Umsetzung eines integrierten Pflanzenbaus keine beständige Verbesserung der Grundwasserqualität hin zur Trinkwasserqualität (TVO, EG-Richtlinie 98/83/EG).

Untersuchungen zu den stabilen Isotopen $\delta^{15}\text{N}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte erweisen überwiegend die Herkunft des Nitrats aus bodengebundenem und teilweise in geringem Maße aus organischem Stickstoff. Bei Vorhandensein lokaler Belastungsquellen (u.a. undichte Abwasser- und Güllebecken) im Brunnenanstrom sind direkte organische Stickstoffeinträge zu verzeichnen. Direkte Einträge organischer und mineralischer Dünger sind hingegen nicht eindeutig nachzuweisen. Ausnahmen sind jedoch in Zeiträumen von Grundwasserneubildung zeitnah zur Düngung vorzusetzen.

Auf Grund der hydrogeologischen Situation ist der Zeitpunkt einzelner Niederschlags- und Infiltrationsereignisse für den Nitratreintrag in die Brunnen entscheidend, nicht der gesamte Auswaschungszeitraum. Qualitative Veränderungen des Brunnenwassers erfolgen vor allem mit witterungsbedingten Schüttungsänderungen des Zwischenabflusses in den Quellschichten.

GIS- Methoden:

Das konzipierte Umweltinformationssystem (UIS) Saidenbachtalsperre zeigt Möglichkeiten auf, wie sich GIS-Datenbestände effizient und projektorientiert archivieren, verwalten und mit Sachdaten, die in Relationalen-Datenbank-Management-Systemen (RDBMS) gespeichert sind, koppeln lassen (vgl. WIESER & THÜRKOW, 1999). Die entwickelten Lösungsansätze können ohne weiteres einer Mehrfachnutzung unterliegen und sind nicht an die verwendete Softwarekonfiguration gebunden.

Die erstellte GIS-Applikation „WRAP“ zur Analyse des Landschaftswasser- und Stoffhaushalts ermöglicht eine effektive einzugsgebietsbezogene Beurteilung der Schützbarkeit und Schutzwürdigkeit sowie Bewertung der Belastungssituation des oberflächennahen Grundwassers. Durch die dynamische Anbindung von Informationen zur Ackerbewirtschaftung, zu Stoffeinträgen, Stoffausträgen, N_{\min} -Restmengen im Boden, Stickstoffflächenbilanzen sowie hydrochemischen Daten zur Brunnenwasserqualität über die RDBMS stehen auf kürzestem Wege eine Reihe von Bewertungswerkzeugen zur Verfügung, die eine lokale wie auch regionale Beurteilung der Konfliktpotentiale des Schadstoffeintrags in das oberflächennahe Grundwasser ermöglichen.

Entlastungsmaßnahmen:

Wesentlichste vorsorgende Maßnahmen zur Verbesserung des regionalen Grund- und Oberflächenwasserschutzes sind eine wasserschutzkonforme Landnutzung und Flächenbewirtschaftung nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen (REICHEL, 1998; MICHALSKI, 2000) und der unverzügliche Ausbau der zentralen Abwasserentsorgung.

Für die Betreiber belasteter Brunnen ist zuerst der Anschluss an die zentrale Wasserversorgung zu empfehlen. Wegen der hohen Kosten können aber auch sanierende und nachsorgende Maßnahmen an den Brunnen getroffen werden. Beispiele sind Brunnenselektionen (Ausweichen auf weniger belastete Brunnen), Brunnenvertiefung (Fördern von geschützterem Kluftgrundwasser) und der Einbau von dezentralen Wasseraufbereitungsanlagen (Nitrateliminierung, Regulierung des pH-Wertes, Desinfektion etc.).

Ausblick:

Eine Verbesserung der Brunnenwasserqualität in Flachbrunnen mit landwirtschaftlich intensiv genutzten Einzugsgebieten ist nur über eine effektive Umsetzung wasserschonender Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Praxis möglich. Dies bedarf einer intensiven fachlichen Begleitung und Unterstützung der landwirtschaftlichen Betriebe durch die zuständigen Behörden und Institutionen, insbesondere durch die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Dazu gehören u.a. Ursachenanalysen zu Prozessen des Wasser- und Stoffhaushalts, die Einführung neuer Produktionsverfahren sowie die Mitfinanzierung neuer Geräte und Investitionen. Derzeit bei der Beratung und Betreuung der Agrarbetriebe bestehende Defizite müssen durch die stärkere Einbeziehung wissenschaftlicher Arbeiten unterschiedlicher Fachbereiche kontinuierlich reduziert werden. Hier ist vor allem eine Verbesserung der Düngeberatung zu nennen, die auf der Grundlage von Simulationsrechnungen mit Expertensystemen (Stickstoffdynamikmodelle) erfolgen sollte. Gleichwohl ist möglichst eine Abkehr von der schlagbezogenen hin zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (PRECISION FARMING) anzustreben. Das konzipierte UIS kann jeweils als effizientes Instrument für das Prä- und Postprozessing der Archivierung, Bearbeitung, Auswertung und Präsentation gewonnener raumbezogener Daten dienen. Kleinste homogene Einheiten der Faktoren des Landschaftshaushalts sollten mit zu entwickelnden GIS-Methoden erfasst werden, um die Heterogenität bewirtschaftungsspezifischer, pedologischer und morphologischer Kennwerte von Ackerflächen in Clustern abzubilden. Zur Definition solcher Einheiten müssen die spezifischen Standortfaktoren eines Einzugsgebietes Bewertungsalgorithmen unterliegen, die im Rahmen eines weiteren interdisziplinären Forschungsprojektes erarbeitet werden könnten. Der Einsatz deterministischer Modelle mit hohem Eingangsparameterbedarf zur Simulation der Dynamik des Stoffhaushalts wäre dann gezielt und somit zeitsparend und kostengünstig möglich.

Folglich können angepasste Bewirtschaftungsstrategien auf der Basis neuartiger wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden zu einer entscheidenden Schadstoffentlastung (insbesondere Nitrat) des oberflächennahen Grundwassers führen.