

Tafel 8.7 Vulnerabilität der Grundwasservorkommen

Einleitung

In der vorliegenden Tafel wird die Empfindlichkeit der Grundwasservorkommen bezüglich möglicher Gefährdungen durch Schadstoffe in einem gesamtschweizerischen Kontext dargestellt.

Für die Erhebung der Vulnerabilität von Grundwasservorkommen besteht keine einheitliche Vorgehensweise. Deshalb wurde hier ein spezifischer Modellansatz entwickelt. Er basiert auf der Karte der Grundwasservorkommen (Tafel 8.6), auf der Bodeneignungskarte [5] sowie auf weiteren hydrogeologischen Grundlagen.

Prinzip der Vulnerabilität

Der Begriff der Vulnerabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Systems hinsichtlich einer externen Beeinträchtigung. Übertragen auf das Grundwasser definiert Vulnerabilität die Gefährdung eines Grundwasservorkommens durch den Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund.

Vulnerabilität ist eine relative, nicht direkt messbare Grösse. Sie ergibt sich aus einer Kombination verschiedener Parameter, welche als massgeblich für den Schutz des Grundwassers angesehen werden. Je besser ein Grundwasservorkommen gegenüber Schadstoffeintrag geschützt ist, desto geringer ist seine Vulnerabilität. Diese Schutzwirkung – und als Funktion davon die Vulnerabilität – kann qualitativ erfasst und in Klassen eingestuft werden, welche das Mass der Wahrscheinlichkeit ausdrücken, mit welcher Schadstoffe eine Grundwasserressource erreichen können [11].

Der Transport der Schadstoffe vom Ort ihrer Freisetzung an der Geländeoberfläche bis zum Grundwasser ist an die Versickerung von Niederschlagswasser oder an die Infiltration von Flusswasser gebunden. Deshalb sind diejenigen Grundwasservorkommen am besten gegen Schadstoffeintrag geschützt, welche von mächtigen Schichten aus gering durchlässigem Material überlagert werden. Zusammen mit dem ungesättigten Bereich des Grundwasserleiters wirken sie als natürlicher Schutz der Grundwasservorkommen. Zusätzlich zu dieser hydraulisch bestimmten Schadstoffrückhaltewirkung reduzieren auch spezifische Wechselwirkungen zwischen dem Untergrund und einzelnen Schadstofftypen die schädlichen Einwirkungen auf das Grundwasser, insbesondere Filtration, Sorption und biologischer Abbau. Diese Prozesse machen die besondere Rückhaltekapazität der Bodenschicht aus und erhöhen deren Schutzwirkung [11].

Haben Schadstoffe erst einmal den gesättigten Grundwasserbereich erreicht, so werden sie mit dem Grundwasserfluss lateral verfrachtet. Bei Lockergesteins-Grundwasserleitern fliesst das Wasser langsam und gleichmässig durch die Poren des Korngerüsts. Dadurch ist das laterale Ausbreitungsvermögen eingeschränkt. Die Ausbreitung von Schadstoffen im gesättigten Bereich von heterogenen Kluft- und Karst-Grundwasserleitern folgt hingegen bevorzugten Fließwegen und kann deshalb vor allem in Karst-Grundwasservorkommen sehr schnell erfolgen.

Vulnerabilität als Schutzkonzept

Das Prinzip der Vulnerabilität ist ein wichtiges Element des präventiven Grundwasserschutzes. Vulnerabilitätskarten spiegeln das Schadstoffverhalten im Untergrund wider und zeigen damit an, welche Teilbereiche eines Einzugsgebietes besonders anfällig gegenüber einem potentiellen Schadstoffeintrag sind und welche über einen hohen natürlichen Schutz verfügen. Allerdings kann das Grundwasser durchaus auch in Bereichen mit hohem natürlichem Schutz durch mobile und persistente Schadstoffe (Nitrat, manche Pflanzenschutzmittel) gefährdet werden.

In der Schweiz wird das Konzept der Vulnerabilität für die Bemessung von Grundwasserschutzzonen in Karstgebieten [1] und stark heterogenen Kluft-Grundwasserleitern eingesetzt [8]. Das Mass der Vulnerabilität bestimmt dabei die jeweiligen Schutzzonen (S1, S2 oder S3, vgl. Tafel 7.5), welche nicht konzentrisch um eine Grundwasserfassung angeordnet sein

müssen, sondern je nach geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen über das Einzugsgebiet verteilt sein können. Da die Ausscheidung der Schutzzonen mit entsprechenden Einschränkungen der Landnutzung einhergeht, ist dieser Ansatz geeignet, die Ressource Grundwasser gezielt zu schützen.

Modellansatz zur Kartenerstellung

Die Vulnerabilität kann nur indirekt über ausgewählte Parameter flächenhaft erhoben werden. Die Vorgehensweise wird nachfolgend kurz erläutert (vgl. Fig. 1,2,3). Zunächst wurden – entsprechend der Karte der Grundwasservorkommen 1:500 000 (Tafel 8.6) – alle Gebiete mit ergiebigen Grundwasservorkommen sowohl in Locker- wie in Festgesteinen herangezogen. In diesen Grundwassergebieten wurden einerseits die Vulnerabilität und andererseits das laterale Ausbreitungsvermögen in zwei separaten Schritten ermittelt (Fig. 1). In Bereichen ohne ergiebige Grundwasservorkommen wurde die Vulnerabilität nicht dargestellt. Falls in einem Gebiet mehrere ergiebige Grundwasserstockwerke vorkommen, wurde nur das oberste Stockwerk berücksichtigt.

Für die Erhebung der Vulnerabilität eines Lockergesteins-Grundwasserleiters wurden die Schutzwirkung des Bodens, die Schutzwirkung gering- und mitteldurchlässiger Deckschichten sowie die Schutzwirkung des ungesättigten Untergrunds über dem Grundwasserspiegel kombiniert (Fig. 2). Dabei wurden folgende Datengrundlagen verwendet:

Die Schutzwirkung des Bodens wurde entsprechend der physikalischen Eigenschaften der in [4] unterschiedenen 144 Bodentypen in vier Schutzklassen eingeteilt. Die Datenbasis für die Modellierung bildet die digitale Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200 000 [5].

Basierend auf der Karte der Grundwasservorkommen wurden die relevanten Daten der Schutzschichten über den Grundwasservorkommen im Massstab 1:200 000 erhoben: Bei den Deckschichten wurden deren Durchlässigkeit sowie deren Mächtigkeit erfasst. Für den ungesättigten Untergrund wurde der Abstand zwischen der Geländeoberfläche bzw. der Untergrenze der Deckschicht und dem mittleren Grundwasserspiegel bestimmt. Potentielle Schadstoffeinträge durch Flüsse, welche mit dem Grundwasser in direkter Verbindung stehen, können mit diesem Ansatz nicht explizit berücksichtigt werden.

Bei Grundwasservorkommen in Festgesteinen ist die Datengrundlage für die grossflächige Erfassung der Deckschichten und des ungesättigten Untergrunds generell spärlich, so dass eine konsistente Datenerhebung und Darstellung im Kartenmassstab 1:500 000 in der Regel nicht möglich ist. Der Modellansatz zur Bestimmung der Vulnerabilität in Festgesteinen beruht daher primär auf der Schutzwirkung des Bodens (Fig. 2) und – wo in Ausnahmefällen bekannt – auf der Schutzwirkung einer gering durchlässigen Lockergesteinsbedeckung. Geklüfteten und teils verkarsteten Festgesteinen wird generell eine geringe bis mässige Schutzwirkung zugeordnet.

Die Datenebenen Grundwasservorkommen, Schutzwirkung Boden, Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Deckschicht sowie Mächtigkeit des ungesättigten Untergrunds wurden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) kombiniert. Für jede Teilfläche kann so die Vulnerabilität gemäss dem in Figur 2 dargestellten Matrixmodell bestimmt werden. In Figur 3 wird die Ermittlung der Vulnerabilität aus der Schutzwirkung des Bodens, der Deckschicht und des ungesättigten Untergrunds schematisch an einem Beispiel aufgezeigt, welches eine für das Mittelland charakteristische hydrogeologische Situation darstellt.

Die Erhebung des lateralen Ausbreitungsvermögens beschränkt sich auf den Aquifertyp mit Lithologie (Lockergesteine, Festgesteine), Art des Grundwasserflusses (Poren-, Kluft- und Karstgrundwasser) sowie Fliessgeschwindigkeit. Lithologie und die Art des Grundwasserflusses wurden aus der digitalen geologischen Karte 1:500 000 [2] ermittelt. Mangels Daten zur Fliessgeschwindigkeit wurden die Lockergesteine nach ihrer Ergiebigkeit gemäss Tafel 8.6 eingeteilt.

Darstellung im Kartenbild

Die für jede Teilfläche ermittelte Vulnerabilitätsklasse ist in der Karte als Flächenfarbe dargestellt. Für die Schweiz ergeben sich folgende Flächenanteile der Vulnerabilität bzw. der Schutzwirkung: 23 % sehr hohe Vulnerabilität (geringe Schutzwirkung); 27 % hohe Vulnerabilität (mässige Schutzwirkung); 16 % geringe Vulnerabilität (hohe Schutzwirkung); 2 % sehr geringe Vulnerabilität (sehr hohe Schutzwirkung); 27 % Gebiete ohne ergiebige Grundwasservorkommen; 5 % Gewässer, Gletscher, Firn.

Das laterale Ausbreitungsvermögen wird auf der Karte als Rastersignatur dargestellt. Die Flächenanteile der entsprechenden Klassen erreichen folgende Werte: 15 % Festgesteine mit hohem Ausbreitungsvermögen; 26 % Festgesteine mit mittlerem Ausbreitungsvermögen; 8 % Lockergesteine mit mittlerem Ausbreitungsvermögen; 46 % Gebiete mit geringem Ausbreitungsvermögen; 5 % Gewässer, Gletscher, Firn.

Regionale Charakterisierung

Im Mittelland kommen verschiedene hydrogeologische Situationen auf engem Raum vor. Es dominieren Gebiete mit mässiger bis hoher Schutzwirkung. Im Talboden gelegene Lockergesteins-Grundwasservorkommen, welche durch eine mächtige Deckschicht geschützt sind oder welche einen mächtigen ungesättigten Untergrund aufweisen, zeichnen sich durch eine hohe bis sehr hohe Schutzwirkung und damit eine geringe bis sehr geringe Vulnerabilität aus (Fig. 4). Daneben sind auch hoch vulnerable Grundwasservorkommen mit fehlender oder gering mächtiger Deckschicht und mit geringen Flurabständen vorhanden. Ein Beispiel einer solchen Situation mit mässiger Schutzwirkung zeigt die Figur 5. Das Nebeneinander von gut geschützten, tiefen Grundwasserleitern und oberflächennahen, höher vulnerablen Grundwasservorkommen kommt in Figur 6 zum Ausdruck.

Im Jura ist die Lithologie durch kalkige Einheiten geprägt. Für diese Gebiete mit Karstentwässerung ist eine geringe bis mässige Schutzwirkung charakteristisch. Figur 7 zeigt eine solche typische hydrogeologische Situation.

Im Alpenraum herrschen ebenfalls Gebiete mit geringer bis mässiger Schutzwirkung vor. Dabei handelt es sich einerseits um Bereiche mit Kalkgesteinen (Karst) sowie solche mit stark aufgelockerten bzw. geklüfteten Kristallingesteinen mit jeweils geringer Schutzwirkung. Andererseits sind die Kristallingebiete der zentralen Massive als Gebiete mit mässiger Schutzwirkung erkennbar. Die Lockergesteins-Grundwasserleiter der grossen alpinen Täler weisen im allgemeinen eine mässige bis hohe Schutzwirkung auf.

Anwendungsbereich

Die vorliegende Karte im Übersichtsmassstab 1:500 000 zeigt die grossen Zusammenhänge der Grundwasservulnerabilität in der Schweiz auf. Sie ist deshalb vor allem als übergeordnetes Planungsinstrument, als Informationsmittel für eine breite Öffentlichkeit oder als Lehrmittel geeignet [10]. Lokale hydrogeologische Gegebenheiten können in diesem Massstab nicht dargestellt werden, zumal sie im verwendeten Modellansatz nicht berücksichtigt wurden. Dadurch kann sich im lokalen Kontext durchaus ein anderes Bild der Grundwasservulnerabilität ergeben.

Literatur

- [1] **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1998):** Kartierung der Vulnerabilität in Karstgebieten (Methode EPIK) – Praxishilfe. Vollzug Umwelt, Bern.
- [2] **Bundesamt für Wasser und Geologie (2005):** Geologische Karte der Schweiz 1:500 000. Bern.
- [3] **CSD (1987):** Etude hydrogéologique préliminaire des sources communales des Eaux-Bonnes. Rapport inédit, Commune de Juriens.
- [4] **Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL et al. (1980):** Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200 000. Grundlagen für die Raumplanung. Bern.
- [5] **Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL et al. (2000):** Digitale Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200 000, überarbeitet 2000. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- [6] **Haering, Ch. et al. (1994):** Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100 000, Blatt Nr. 5 Toggenburg. Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich.
- [7] **Kempf, Th., Labhart, W. (2003):** Die Grundwasservorkommen im Kanton Thurgau. Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25 000. Amt für Umwelt des Kantons Thurgau, Frauenfeld.
- [8] **Pochon, A., Zwahlen, F. (2003):** Ausscheidung von Grundwasserschutz zonen bei Kluft-Grundwasserleitern – Praxishilfe. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern.
- [9] **République et Canton de Genève (2001):** L'eau souterraine du Canton de Genève. Dossier d'information. Service cantonal de géologie, Genève.
- [10] **Zektser, I.S., Everett, L.G. (2004):** Groundwater resources of the world. International Hydrological Programme (UNESCO), IHP-VI, Series on Groundwater No. 6, Paris.
- [11] **Zwahlen, F. (Hrsg.) (2004):** Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers – COST Action 620, Final report. Brussels, Luxembourg.