

Strukturierte Sickerwasserprognose in der Orientierenden Untersuchung nach BBodSchV

Dr. Wolf-Anno Bischoff¹, Cosima Hillmert², Andreas Schwarz¹

¹ Gutachterbüro TerraAquat, Schellingstr. 43, 72622 Nürtingen,
Tel.: 07022/9319527, E-Mail: info@terraquat.com

² Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg,
Griesbachstr. 1, 76185 Karlsruhe, Tel.: 0721/5600-1280, E-Mail:
Cosima.Hillmert@lubw.bwl.de

1. Einführung

1.1 Problematik

Die orientierende Untersuchung (OU) / Gefahrverdachtsuntersuchung (GVU) ist der erste technische Schritt in der Altlastenbearbeitung nach BBodSchG/V (2012). Dieser Untersuchungsschritt fällt in die Zuständigkeit der Behörde und wird sehr zielorientiert durchgeführt.

Auf Grundlage dieser Untersuchungsergebnisse müssen jedoch weitreichende Entscheidungen getroffen werden: So ist im Rahmen der OU zu prüfen, ob der Verdacht einer Altlast ausgeräumt ist oder ob konkrete Anhaltspunkte vorliegen, die den hinreichenden Verdacht im Sinne des BBodSchG §9 (2) begründen.

Dieser Verdacht ist im Falle des Wirkungspfades Boden – Grundwasser dann gegeben, wenn die Konzentration am Ort der Beurteilung (OdB) den Prüfwert der BBodSchV überschreitet. Für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser ist der Ort der Beurteilung (OdB) der Übergangsbereich zwischen ungesättigter Zone und Grundwasser (Abbildung 1).

Da im Rahmen der OU meist aber nur Material- und Eluatuntersuchungen im Schadensherd durchgeführt werden, muss die Konzentration am Ort der Beurteilung abgeschätzt werden. (Abbildung 2). Daher ist lediglich eine qualitative Abschätzung der Konzentration am OdB, teilweise mit einer großen Unschärfe möglich.

In der Praxis besteht ein dringender Bedarf an einem Verfahren, mit dem gleichzeitig die Vorgehensweise vereinheitlicht und die Prognosen nachvollziehbar werden. Dieses Verfahren soll sowohl im Lockergestein als auch im Festgestein anwendbar sein. Einerseits müssen die Ergebnisse einer OU, die ggf. durch weitere Aktenrecherchen ergänzt werden müssen, für die Anwendung des Prognoseverfahrens ausreichen. Andererseits müssen die Abschätzungen naturwissenschaftlich begründet sein und mit den bestehenden Erfahrungen übereinstimmen. Da bisher noch kein geeignetes Verfahren zur Verfügung stand, das diesen Vorgaben genügt, wurde die Erarbeitung eines entsprechenden Leitfadens und Anwendungstools in Auftrag gegeben.

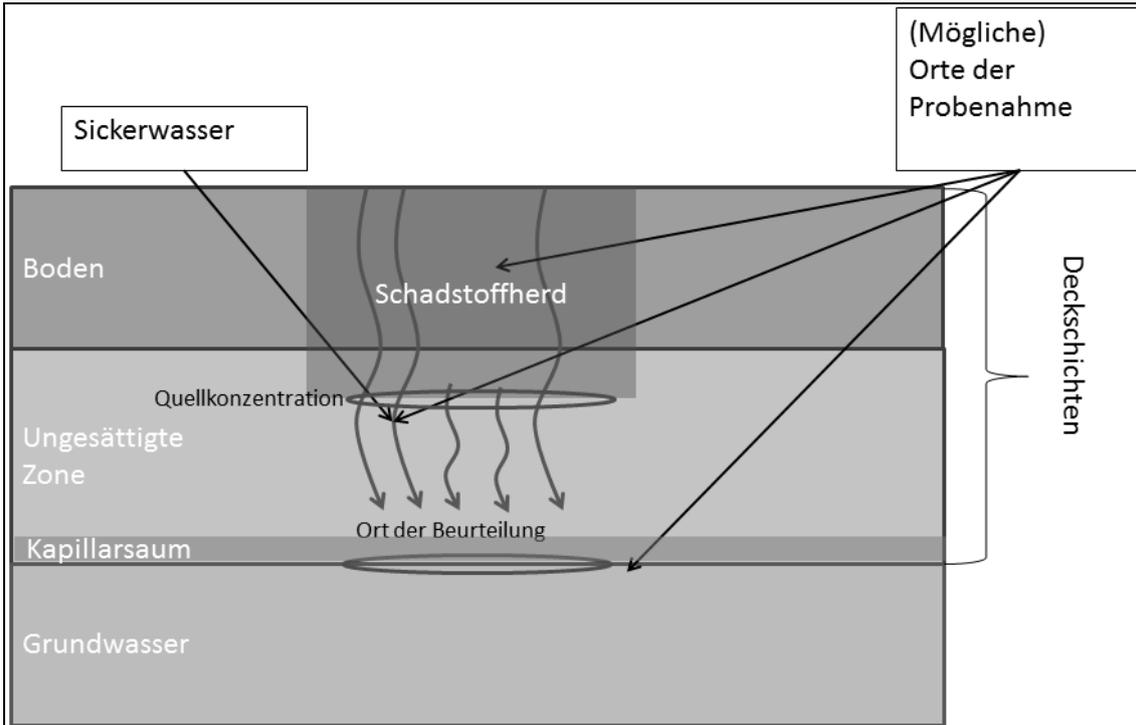


Abbildung 1: Schematische Darstellung wichtiger Begriffe in der Sickerwasserprognose.

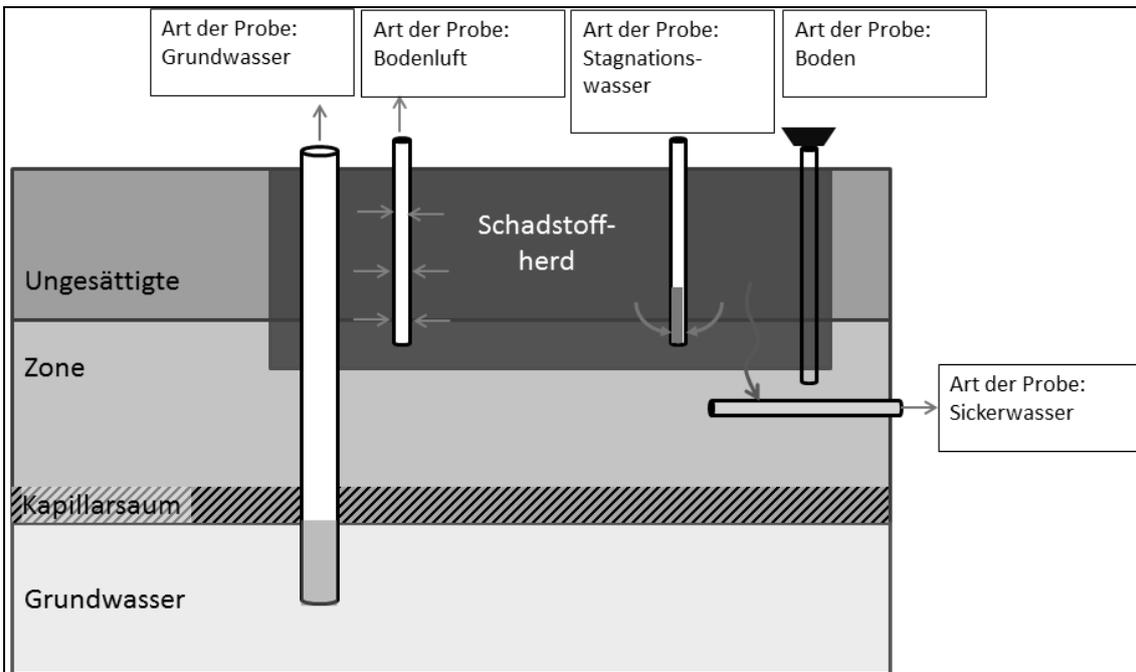


Abbildung 2: Art und Ort der Probenahme.

1.2 Ziele

Die Ziele der Arbeitshilfe und des Anwender-Tools SIWA-SP („Sickerwasser – eine Strukturierte Prognose“, LUBW, 2014, in Vorbereitung) sind:

- (i) Behörden und Gutachtern den aktuellen Stand der Kenntnis zur Sickerwasserprognose in eine Handlungsanleitung zur Sickerwasserprognose zu ‚übersetzen‘, die den Ansprüchen einer Orientierenden Untersuchung nach BBodSchG/V genügt;
- (ii) den Vergleich des Ergebnisses mit den Prüfwerten nach BBodSchV zu erleichtern;
- (iii) die Entscheidung besonders in solchen Fällen zu verbessern, in denen die Zugänglichkeit des Grundwassers erschwert ist (v.a. bei tieferen Aquiferen) oder eine Analyse des Grundwassers keine eindeutige Prognose ermöglicht (z.B. wenn die Konzentrationen im Abstrom knapp unter dem Prüfwert liegen);
- (iv) die aktuellen Leitfäden „Untersuchungsstrategie Grundwasser“ (LUBW, 2008) und „Altlastenbewertung“ (LUBW, 2012) sinnvoll zu ergänzen.

Die Beurteilung erfolgt qualitativ und stellt die Grundlage für eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose dar.

Die Arbeitshilfe gilt für Verdachtsflächen mit kleinräumigem Schadstoffeintrag und deckt keine flächigen Grundwasserschäden wie z.B. diffuse Nitrateinträge aus der Landwirtschaft ab.

SIWA-SP wurde zwar für Baden-Württemberg erstellt. Der Ansatz ist jedoch nicht länderspezifisch und lässt sich daher deutschlandweit nutzen.

Die Arbeitshilfe wurde bis zum Frühjahr 2014 landesweit baden-württembergischen Fachbehörden getestet. Nach einer anschließenden Überarbeitung ist für Ende 2014 eine Verbreitung auch an Praktiker geplant.

2 Vorgehen

2.1 Konzeption

Die nachvollziehbare, qualitative Gesamtbeurteilung als Grundlage für eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose wird aus drei Teilbeurteilungen abgeleitet (Abbildung 3):

- **Schadstoffeigenschaften** (Abbildung 4, Tabelle 1)
- **Schadstoffbelastung** (Abbildung 5)
- **Standortspezifischer Grundwasserschutz** (Abbildung 6)

Aus der konzeptionellen Trennung ergibt sich eine größtmögliche Unabhängigkeit der Eingangsgrößen. Daraus resultiert eine große Flexibilität bei der Anpassung an neue Erkenntnisse in Einzelbereichen.

Im Rahmen der OU liegen meist nur punktuelle Daten vor. Berechnungen und abgeleitete Zahlenwerte könnten daher die real existierende Unsicherheit durch scheinbare Exaktheit verdecken. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden qualitative Klassen zur Beurteilung gewählt.

Wo möglich wurden quantitative Kriterien zur Klasseneinteilung gewählt, die aus verallgemeinerbaren semi-empirischen Untersuchungen abgeleitet wurden.

Konzept / Kategorien



Abbildung 3: Grundlagen der Sickerwasserprognose.

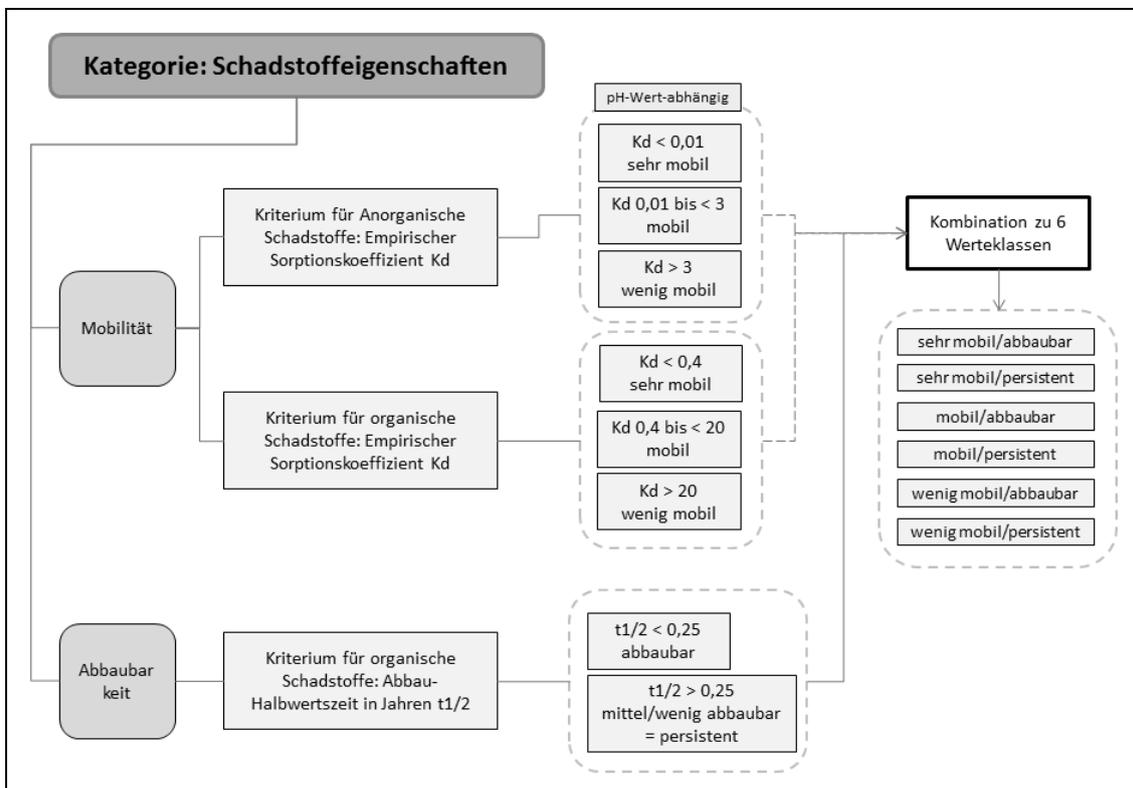


Abbildung 4: Klassifizierung in der Kategorie „Schadstoffeigenschaften“.

Tabelle 1: Klassifizierung in der Schadstoffe (Beispiele)

	Persistent	Abbaubar
Sehr mobil	Antimon Arsen (4,5<pH<7,0) ¹ Cadmium (pH<6,5) Nickel (pH<6,0) Zinn BTEX (Standard), Benzol LHKW (Standard, PER, TRI, VC)	MKW (Benzin) LHKW (Abbaubare dominieren: Chlormethan, Chlorethan, Tetrachlorkohlenstoff, Tetrachlorethan)
Mobil	Arsen (pH<4,5 oder ≥7,0) Blei (pH<4,5) Cadmium (pH≥6,5) Kupfer (pH<6,0) Nickel (pH≥6,0) BTEX (Ethylbenzol, Xylol dominieren) PAK (3er-Ringe), Naphthalin	MKW (Diesel, leichtes Heizöl)
Wenig mobil	Blei (pH≥4,5) Kupfer (pH≥6,0) MKW (Schmieröl, schweres Heizöl) PCB PAK (ab 4er-Ringe)	

¹: in Klammern angegeben sind pH-Bereiche bzw. dominierende Spezies/Verbindungen, die zur angegebenen Beurteilung führen

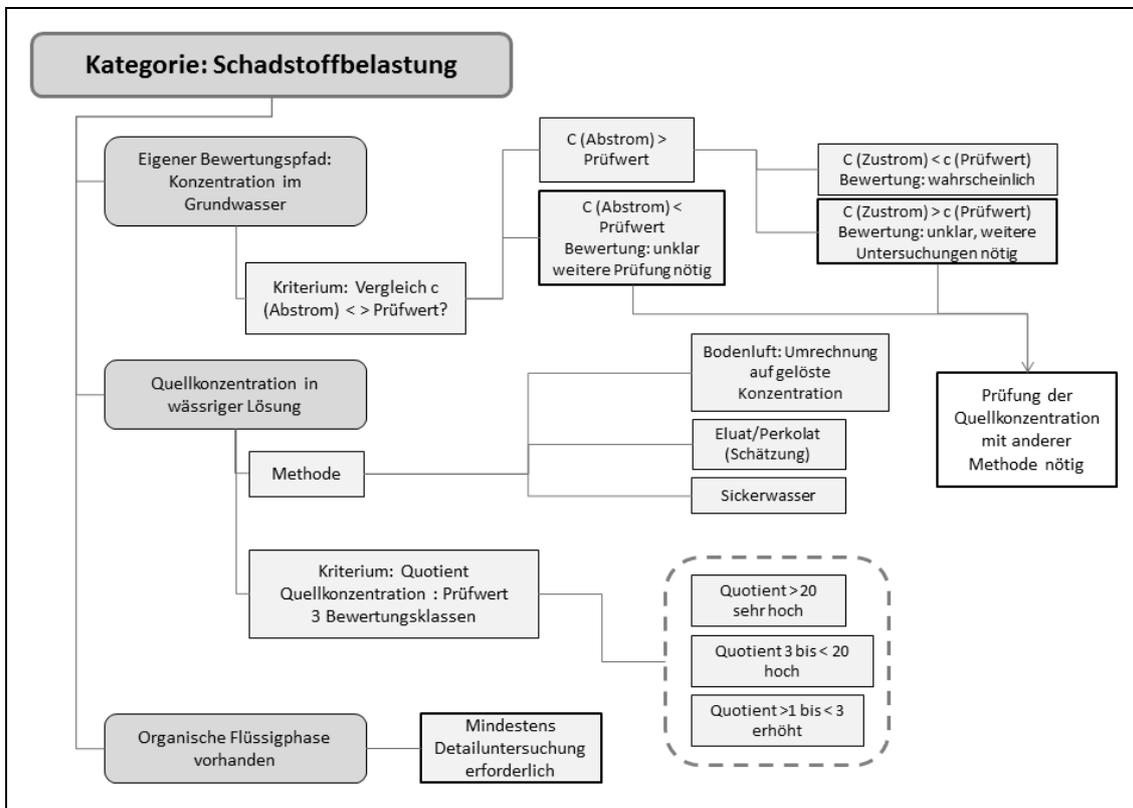


Abbildung 5: Klassifizierung in der Kategorie „Schadstoffbelastung“.

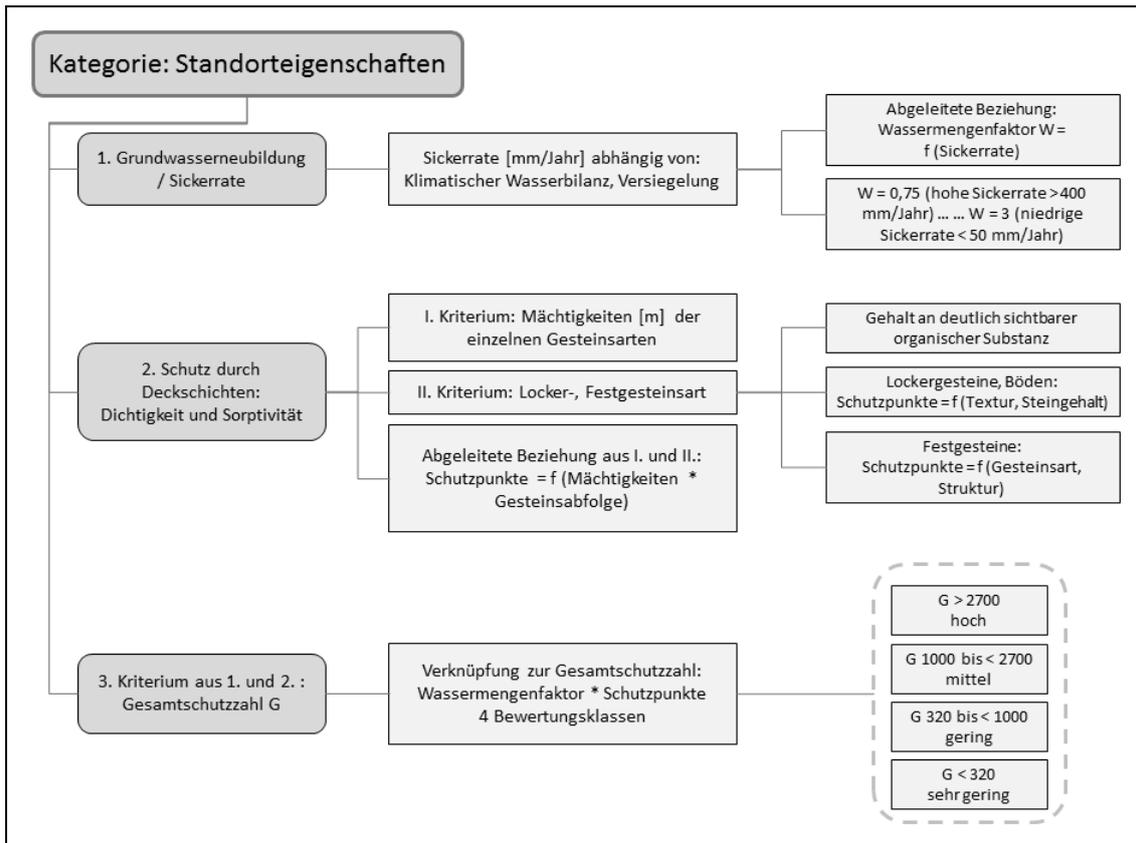


Abbildung 6: Klassifizierung in der Kategorie „Standorteigenschaften“.

2.2 Kategorien

Als Grundlage für die Beurteilung der **Schadstoffeigenschaften** dienen semi-empirische Sorptionsisothermen (z.B. Utermann et al., 2005) und Datenbanken zur Halbwertszeit (z.B. US EPA, 2011). Abbildung 4 zeigt, wie die Schadstoffe in sechs kombinierte Mobilitäts- und Abbaubarkeitsklassen eingeteilt werden.

Teilweise sind für die Zuordnung zu einer Klasse weitere Informationen nötig: Die Mobilität vieler anorganischer Schadstoffe ist abhängig vom pH-Wert der Bodenlösung (Tabelle 1). Bei organischen Schadstoffen werden häufig keine Einzelschadstoffe, sondern Schadstoffgruppen betrachtet. Deren Mobilität und Abbaubarkeit ist in vielen Fällen davon abhängig, welche Spezies oder Einzelschadstoffe dominieren. So können z.B. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) im Falle von Benzin sehr mobil und leicht abbaubar sein, wohingegen schweres Heizöl wenig mobil und persistent ist (Tabelle 1).

Die **Schadstoffbelastung** wird auf Grundlage der (abgeschätzten) Quellkonzentration unterhalb der Verdachtsfläche beurteilt. Diese Quellkonzentration kann – je nach Schadstoff und standörtlichen Gegebenheiten – auf unterschiedlichen Wegen bestimmt werden, z.B. durch Herstellung von Eluaten/Perkolaten aus Bodenproben oder durch Entnahme von Bodenluftproben (Abbildung 2).

Als Kriterium für die Beurteilung der Schadstoffbelastung dient der Quotient aus Quellkonzentration und Prüfwert, auf dessen Grundlage die Belastungssituation einer der drei Klassen „sehr hoch“, „hoch“ oder „erhöht“ zugeordnet wird.

Liegt eine organische Flüssigphase vor, ist direkt ein hinreichender Verdacht gegeben und eine Sickerwasserprognose muss nicht mehr durchgeführt werden.

Die Filterwirkung des Bodens kann zu einer Schadstoffanreicherung während der Passage der ungesättigten Zone führen. Die Kategorie „**Standortspezifischer Grundwasserschutz**“ berücksichtigt dabei sowohl die Grundwasserneubildung (Sickerwasserrate) als auch den Schutz durch Deckschichten (z.B. Locker- oder Festgesteine, in Anlehnung an Hölting et al., 1995, Abbildung 6). Dadurch werden implizit Transport, Abbau und Sorption berücksichtigt. Die Beurteilung des standortspezifischen Grundwasserschutzes erfolgt in vier Klassen („hoch“, „mittel“, „gering“, „sehr gering“).

Liegen zu wenige Informationen für eine detaillierte Abschätzung der Filterwirkung vor, wird ein „sehr geringer“ standortspezifischer Grundwasserschutz angenommen.

2.3 Verbal-argumentative Sickerwasserprognose

Auf Basis der Einzelbeurteilungen von Schadstoffeigenschaften, Schadstoffbelastung und standortspezifischem Grundwasserschutz wird eine qualitative Gesamtbeurteilung ermittelt. Diese dient als Grundlage für eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose.

Die Beurteilung erfolgt in drei Klassen:

Eine Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung ist...

- ... nicht zu erwarten
- ... zu erwarten („möglich“)
- ... wahrscheinlich

Anhand dieser Beurteilung kann objektiv entschieden werden, ob eine DU durchgeführt wird.

3 Excel-Tool SiWa-SP

Zur Erleichterung und Systematisierung des Vorgehens wurde parallel zur Arbeitshilfe ein Excel-Tool entwickelt, das den Nutzer durch die Bearbeitung führt und in dem tabellierte Werte (z.B. Schadstoffeigenschaften, Prüfwerte) hinterlegt sind.

Entsprechend den Kategorien (Abbildung 3) werden die benötigten Angaben zum standortspezifischen Grundwasserschutz und zur Schadstoffbelastung abgefragt. Die Schadstoffeigenschaften sind hinterlegt und werden anhand von pH-Wert und/oder Humusgehalt im Boden (je nach Schadstoff) modifiziert. Liegen eigene Erkenntnisse vor, können die vorgegebenen Daten überschrieben werden.

Während der Eingabe erfolgt automatisch eine Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität der Daten. Auf mögliche Fälle, die außerhalb des Prognoserahmens liegen, z.B. Hangwasser oder Phasentransport, wird der Benutzer hingewiesen.

In einer pdf-Datei werden abschließend alle Eingabeparameter sowie die Prognoseergebnisse zusammenfassend dargestellt.

4 Beispiel

4.1 Kurzbeschreibung des Falles

Die an einen Schießplatz angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen sind stark mit Bleischrot belastet. Die Ursache hierfür ist, dass das Bleischrot im normalen Schießbetrieb jahrzehntelang den Schießplatz über den Wall hinweg verlassen hat, so dass die Äcker mit

mehreren Tonnen Schrot belastet sind. Durch die Bodenbearbeitung wurde die Belastung zusätzlich in der Fläche verteilt und bis in 30 cm Tiefe eingearbeitet.

Mit Gesamtgehalten im Boden von bis zu 6200 mg/kg für Blei, 140 mg/kg für Antimon und 27 mg/kg für Arsen liegt eine extrem hohe Schadstoffbelastung vor.

Die betroffenen landwirtschaftlichen Flächen befinden sich auf geklüftetem Kalkstein (Muschelkalk), der von ca. 2 m Löss überdeckt ist. Der Löss enthält im Unterboden Sekundärkalk, so dass ein pH-Wert von ca. 7 in der Bodenlösung angenommen werden kann. Der Grundwasserspiegel liegt in 41 m Tiefe.

4.2 Schadstoffeigenschaften

Aufgrund des Kalkgehaltes im Löss wird ein pH-Wert von 7 angenommen. Dies führt zu einer Klassifizierung für Antimon als „sehr mobil“, für Arsen als „mobil“ und für Blei als „wenig mobil“ (Abbildung 4, Tabelle 1, Abbildung 7). Alle drei anorganischen Schadstoffe sind persistent.

Schadstoff	Antimon (Sb)	Arsen (As)	Blei (Pb)
pH-Wert: (zwischen Schadstoffherd und Ort der Beurteilung)		7,0 - kalkhaltige Schicht auf Sickerstrecke -> pH=7; - pH-Wert des Eluates bekannt? -> diesen Wert verwenden; - keine Informationen -> Annahme pH = 5	7,0 - kalkhaltige Schicht auf Sickerstrecke -> pH=7; - pH-Wert des Eluates bekannt? -> diesen Wert verwenden; - keine Informationen -> Annahme pH = 5
Schadstoffeigenschaften	sehr mobil/persistent	mobil/persistent	wenig mobil/persistent

Abbildung 7: Beurteilung des Beispielfalles in der Kategorie „Schadstoffeigenschaften“ (Screenshot aus Excel-Tool, Version 1.05).

4.3 Schadstoffbelastung

Die Quellkonzentrationen werden anhand der Konzentrationen in 2:1-Extrakten (LABO, 2012) abgeschätzt. Zur Beurteilung werden die Prüfwerte der BBodSchV herangezogen, die im Excel-Tool SIWA-SP hinterlegt sind.

Für Antimon wurden als repräsentative Konzentration in der Bodenlösung 70, als Maximalwert 650 µg/L ermittelt, woraus sich eine „hohe“ bzw. „sehr hohe“ Schadstoffbelastung ergibt (Abbildungen 5 und 8).

Die Arsenkonzentration in der Bodenlösung beträgt 12 (repräsentativ) bzw. 35 µg/L (Maximalwert), Die Schadstoffbelastung ist somit „erhöht“ bzw. „hoch“.

Genauso wird die Belastungssituation mit Blei beurteilt, was sich aus Konzentrationen von 30 („erhöht“) bzw. 90 µg/L („hoch“) ergibt.

Schadstoff	Antimon (Sb)	Arsen (As)	Blei (Pb)
Schadstoffbelastung			
Methode	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)
gemessene Konzentrationen...	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]
repräsentative Konzentration	70	12	30
Maximalkonzentration	650	35	90
Konzentration...	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser
repräsentative Konzentration [µg/L]	70	12	30
Maximalkonzentration [µg/L]	650	35	90
Prüfwert [µg/L]	5	10	25
Schadstoffbelastung (repräs.)	hoch	erhöht	erhöht
Schadstoffbelastung (Max.)	sehr hoch	hoch	hoch

Abbildung 8: Beurteilung des Beispielfalles in der Kategorie „Schadstoffbelastung“ (Screenshot aus Excel-Tool, Version 1.05).

4.4 Standortspezifischer Grundwasserschutz

Zur Ermittlung des standortspezifischen Grundwasserschutzes wird aus dem Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA, 2012) eine jährliche Grundwasserneubildung von 170 mm/Jahr entnommen (Abbildung 9).

Die 2 m Lössauflage sind in den obersten 30 cm (Pflughorizont) humos und mit einem stark tonigen Schluff (Ut4) tonreicher als der folgende Unterboden mit einem schwach tonigen Schluff (Ut2, Bodenkundliche Kartieranleitung, Adhoc AG Boden, 2005). Bis zur Grundwasseroberfläche folgen 39 m Kalkstein, über dessen Klüftigkeit keine näheren Angaben vorliegen. Daher wird für die Struktur der Standardwert („mittel verkarstet“) angenommen.

Aufgrund der Lage im Relief wird das Auftreten von Hangwasser ausgeschlossen.

Weitere Angaben sind zur Beurteilung nicht nötig. Die standortspezifische Schutzklasse wird aufgrund der vorliegenden Daten als „gering“ eingestuft.

Standorteigenschaften und standortspezifische Schutzklasse					
Grundwasserneubildung					
jährliche Grundwasserneubildung	170 mm/Jahr	(abgeleitet aus WaBoA oder anderen Untersuchungen)	Zu-/Abschläge für Grundwasserneubildung (vgl. Arbeitshilfe)		
Zu-/Abschläge (fakultativ)	mm/Jahr	(siehe nebenstehende Tabelle)	begrünt, bewachsen	+/-0	
korrigierte jährliche Grundwasserneubildung	170 mm/Jahr		unbegrünt, unversiegelt	+50 bis +250	
Grundwasserneubildung			teilversiegelt oder teilentwässert	-50 bis -250	
Hangwasser vorhanden?	nicht vorhanden		voll versiegelt oder voll entwässert	Bitte "-9999" eingeben	
			(keine Grundwassergefährdung)		
Geologie zwischen Schadstoffherd und Ort der Beurteilung					
Schichten bzw. Horizonte zwischen Schadstoffherd und Ort der Beurteilung					
Anzahl (bitte auswählen):	3				
Schichten mit sichtbarer organischer Substanz (bitte die Mächtigkeit der Schichten addieren, in denen organische Substanz sichtbar ist)					
Mächtigkeit (Summe, fakultativ):	0,3 m				
Schicht	Mächtigkeit	Vorauswahl Gestein	Boden- bzw. Gesteinsart	Struktur	Skelettanteil [%]
Schicht 1	0,3 m	Feinboden (< 10 % Skelett)	Ut4, Tu4		
Schicht 2	1,7 m	Feinboden (< 10 % Skelett)	LS3, Ut2		
Schicht 3	39 m	Festgestein	Kalkstein	Standardwert	
standortspezifische Schutzklasse: gering					

Abbildung 9: Beurteilung des Beispielfalles in der Kategorie „Standortspezifischer Grundwasserschutz“ (Screenshot aus Excel-Tool, Version 1.05).

4.5 Gesamtbeurteilung

In Abbildung 10 sind die Ergebnisse der Teilbeurteilungen zusammengefasst, die Prognose kann den beiden unteren Zeilen entnommen werden.

Eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose kann daraus beispielsweise folgendermaßen formuliert werden:

Aufgrund der nur **geringen** Schutzfunktion der Deckschichten und der **sehr hohen** Schadstoffbelastung des Sickerwassers mit **Antimon**, das zudem als **sehr mobil** einzustufen ist, ist eine Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung **wahrscheinlich**.

Die Schadstoffbelastung durch das an diesem Standort **mobile Arsen** ist im Mittel **erhöht**, lokal auch **hoch**. Daher ist aufgrund der **geringen** Schutzfunktion der Deckschichten eine Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung an stark belasteten Stellen lokal **zu erwarten**, für die Gesamtfläche jedoch **nicht zu erwarten**.

Zwar ist die Schutzfunktion der Deckschichten nur **gering**. Jedoch ist die erwartete Schadstoffbelastung des Sickerwassers mit **Blei** nur leicht **erhöht**. Außerdem ist Blei bei den hohen pH-Werten der Deckschichten als **wenig mobil** anzusehen. Daher ist eine Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung **nicht zu erwarten**.

Aufgrund der „**wahrscheinlichen**“ Prüfwertüberschreitung am Ort der Beurteilung für Antimon ist ein hinreichender Verdacht im Sinne des BBodSchG §9 (2) begründet. Daher müssen weitere Daten erhoben werden, um eine quantitative Sickerwasserprognose im Rahmen einer Detailuntersuchung (DU) durchzuführen.

Schadstoffbelastung und Bewertung			
Schadstoff	Antimon (Sb)	Arsen (As)	Blei (Pb)
pH-Wert: (zwischen Schadstoffherd und Ort der Beurteilung)		7,0 <i>- kalkhaltige Schicht auf Sickerstrecke -> pH=7; - pH-Wert des Eluates bekannt? -> diesen Wert verwenden; - keine Informationen -> Annahme pH = 5</i>	7,0 <i>- kalkhaltige Schicht auf Sickerstrecke -> pH=7; - pH-Wert des Eluates bekannt? -> diesen Wert verwenden; - keine Informationen -> Annahme pH = 5</i>
Schadstoffeigenschaften	sehr mobil/persistent	mobil/persistent	wenig mobil/persistent
Schadstoffbelastung			
Methode	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)
gemessene Konzentrationen...	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]
repräsentative Konzentration	70	12	30
Maximalkonzentration	650	35	90
Konzentration...	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser
repräsentative Konzentration [µg/L]	70	12	30
Maximalkonzentration [µg/L]	650	35	90
Prüfwert [µg/L]	5	10	25
Schadstoffbelastung (repräs.)	hoch	erhöht	erhöht
Schadstoffbelastung (Max.)	sehr hoch	hoch	hoch
standortspezifische Schutzklasse	gering	gering	gering
Bewertung (Anmerkungen siehe unten)	Für Antimon (Sb) ist am Ort der Beurteilung...	Für Arsen (As) ist am Ort der Beurteilung...	Für Blei (Pb) ist am Ort der Beurteilung...
Bewertung (repräsentative Konzentration)	...eine Prüfwertüberschreitung wahrscheinlich	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten
Bewertung (Maximalkonzentration)	...eine Prüfwertüberschreitung wahrscheinlich	...eine Prüfwertüberschreitung zu erwarten	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten

Abbildung 10: Gesamtbeurteilung des Beispielfalles (Screenshot aus Excel-Tool, Version 1.05).

5 Zusammenfassung

Mit SIWA-SP kann eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose im Rahmen der OU nach BBodSchV für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser erstellt werden.

Durch die Standardisierung der Eingabeparameter und der Prognose lässt sich die Erhebung von Daten klar definieren. Die verbal-argumentativen Prognosen sind miteinander vergleichbar und verbessern somit die Einzelfallgerechtigkeit.

Grundlage für SIWA-SP sind die drei Kategorien „Schadstoffeigenschaften“, „Schadstoffbelastung“ und „Standortspezifischer Grundwasserschutz“. Anhand von quantitativen Eingabeparametern erfolgt eine Zuordnung zu Klassen.

Die Kombination der Teilbeurteilungen in diesen drei Kategorien ergibt die qualitative Beurteilung als Grundlage für eine verbal-argumentative Sickerwasserprognose.

6 Dank

Unser Dank gilt den Mitgliedern der projektbegleitenden Arbeitsgruppe:

Dr. Iris Blankenhorn (LUBW Karlsruhe), Jens Dünnebier (LRA Emmendingen, derzeit UM Baden-Württemberg), Bernhard Kugler (LRA Neckar-Odenwald-Kreis), Thomas Lewandowski (LRA Schwarzwald-Baar-Kreis), Markus Roth (LRA Calw), Dr. Kristina Schenk (Stadt Ulm)

7 Literatur

Adhoc AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5), Hannover, 438 S.

BBodSchG (2012): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

BBodSchV (2012): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

Höltling, B.; T. Haertlé; K.-H. Hohberger; K.H. Nachtigall; E. Villinger; W. Weinzierl; J.-P. Wrobel (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung; Geol. Jahrbuch C 63; Hannover; S. 5-24.

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO, 2012): Notifizierung und Kompetenznachweis von Untersuchungsstellen im bodenschutzrechtlich geregelten Umweltbereich – Fachmodul Boden und Altlasten, Stand 16.08.2012, 42 S.

LUBW (2008): Untersuchungsstrategie Grundwasser – Leitfaden zur Untersuchung bei belasteten Standorten, Karlsruhe, 64 S.

LUBW (2012): Altlastenbewertung – Priorisierungs- und Bewertungsverfahren Baden-Württemberg, Karlsruhe, 118 S.

LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2014, in Vorbereitung): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose mit dem Kenntnisstand einer Orientierenden Untersuchung (SIWA-SP Text).

LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2014, in Vorbereitung): Arbeitshilfe „Sickerwasser – eine Strukturierte Prognose (SIWA-SP)“: Excel-Tool SIWA-SP-Tool: Kurzanleitung.

US EPA. (2011). Estimation Programs Interface Suite™ for Microsoft® Windows, v 4.10. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA

Utermann, J.; G. Meyenburg; S. Altfelder; H.-E. Gäbler; W.H.M. Duijnsveld; A. Bahr und T. Streck (2005): Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser auf der Grundlage chemischer und physikalischer Pedotransferfunktionen-Endbericht an das BMBF - Förderkennzeichen: 02 WP 0206 ; Download: http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/BMBF_Endbericht_SiWaP.html

WaBoA (2012): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, DVD, Karlsruhe