

# Vorstellung der Strukturierten Sickerwasserprognose (SIWA-SP) als Arbeitshilfe in der Orientierenden Untersuchung



(Quelle: Umweltamt Düsseldorf)

TerrAquat

Dr. W.-A. Bischoff  
A. Schwarz

Gutachterbüro für  
Boden, Wasser, Nährstoff  
& Kontamination

07022 / 931 95 27  
info@terraquat.com



(Hannoversche Allgemeine, 2.3.2009)

# Übersicht

- Zweck: Einführung mit Beispiel
- Konzeption
  - Natur -> Reduktion auf „effektive“ Parameter
  - Strukturierte Prognose aufgrund unabhängiger Größen
- Vertiefende Beispiele
- Beispiele aus der Praxis und/oder Diskussion
- Ausblick: Testphase

# Ziele der strukturierten Sickerwasserprognose (SIWA-SP)

- Arbeitshilfe SIWA-SP:
  - Fachliche Richtigkeit
  - Pragmatischer Ansatz
  - Lesbarkeit, Verständlichkeit
  - Vergleichbarkeit von Gutachten
- Excel-Tool SIWA-SP:
  - s.o.
  - Bedienerfreundlichkeit
  - Fachwissen gebündelt (und im Hintergrund) zur Verfügung stellen

# Konzept / Kategorien

## Schadstoff-eigenschaften

- Kriterien:
  - Mobilität
  - Abbaubarkeit
- Kombination zu 6 Bewertungsklassen

## Schadstoffbelastung \*

- Kriterium:  
Quotient aus  
Quellkonzentration u.  
Prüfwert am OdB
- 3 Bewertungsklassen

## Standortspezifischer Grundwasserschutz

- Kriterien:
  - Grundwasserneubildung / Sickerrate
  - Schutz durch Deckschichten
- Kombination zu 4 Bewertungsklassen



**Qualitative Bewertung aufgrund der Klassenkombination**

\*Eigene Bewertungspfade für: Grundwassermessung; Organische Flüssigphase

# Anwendung Excel-Tool: Beispiel 1

- Schießplatz-Altlast auf landwirtschaftlich genutzter Fläche am Hang
  - Bleischrot (Pb, As, Sb)
  - Grundwasserneubildung: 170 mm, unversiegelt
  - Geologie: 2 m Löss (Ut2), über 39 m gebankter Kalkstein
  - Gehalte im 2:1-Schüttelextrakt:
    - Arsen häufiger Wert: 12/Max.Wert 35 µg/L
    - Blei häufiger Wert: 30/Max.Wert 90µg/L
    - Antimon häufiger Wert: 70/Max.Wert 650 µg/L

# Mögliches Ergebnis

10	Schadstoffeigenschaften	sehr mobil/persistent	mobil/persistent	wenig mobil/persistent
11				
12	Schadstoffbelastung			
13	Methode	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)	Schüttelverfahren (2:1)
19	gemessene Konzentrationen...	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]	...im Eluat [µg/L]
20	repräsentative Konzentration	70	10	30
21	Maximalkonzentration	650	35	90
22	Grundwasserkonz. im Zustrom [µg/L] (fakultativ)			
23	Konzentration...	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser	... im Sickerwasser
24	repräsentative Konzentration [µg/L]	70	10	30
25	Maximalkonzentration [µg/L]	650	35	90
28	Prüfwert [µg/L]	5	10	25
33	Schadstoffbelastung (repräs.)	hoch	erhöht	erhöht
34	Schadstoffbelastung (Max.)	sehr hoch	hoch	hoch
36	standortspezifische Schutzklasse	gering	gering	gering
38	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...
39	Bewertung (repräsentative Konzentration)	...eine Prüfwertüberschreitung wahrscheinlich	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten
40	Bewertung (Maximalkonzentration)	...eine Prüfwertüberschreitung wahrscheinlich	...eine Prüfwertüberschreitung zu erwarten	...eine Prüfwertüberschreitung nicht zu erwarten

# Formulierungsvorschlag - Antimon

- Bewertung:  
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**.

# Formulierungsvorschlag - Blei

- Bewertung:  
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**.

# Konzeption - Grundzüge

# Ausgangssituationen



Altblagerung  
(Quelle: [www.milsimbild.at](http://www.milsimbild.at))



Gaswerksgelände  
(Quelle: Geotechnisches Institut, Basel)



Lockersediment  
(Quelle: [www.bgr.de](http://www.bgr.de))

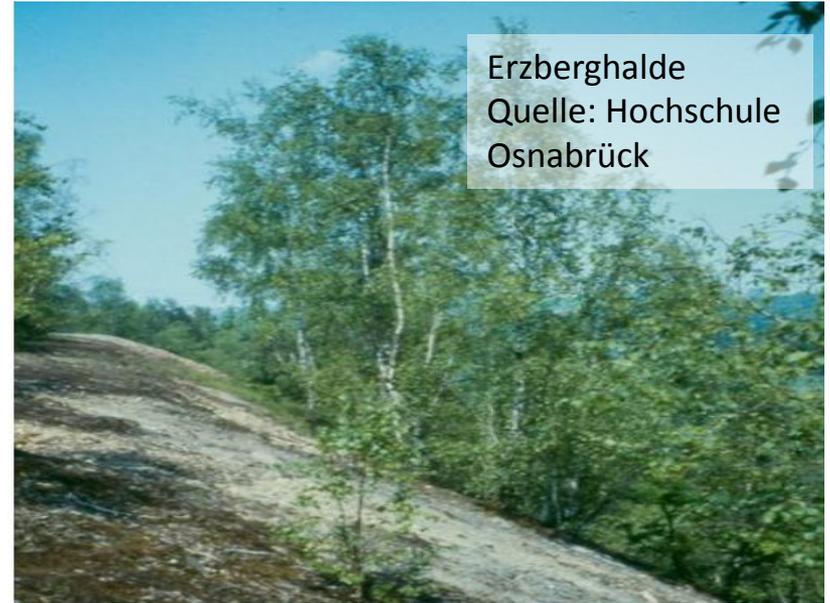


Magmat. Festgestein  
hier: Basalt  
(Quelle: [www.bgr.de](http://www.bgr.de))

# Ausgangssituationen II



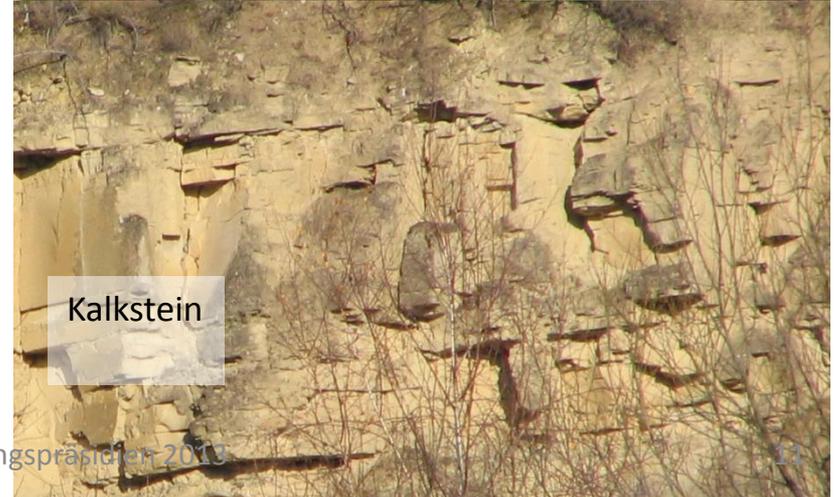
Altstandort  
Bild: Ecosoil Süd



Erzberghalde  
Quelle: Hochschule  
Osnabrück



Sandstein  
[www.4teachers.de](http://www.4teachers.de)



Kalkstein

# Beispiel zum reduktionistischen Ansatz: Schutz durch Deckschichten im Kalkstein



Verallgemeinerung  
/ Abstraktion: Kalkstein



SIWA-SP nach Hölting -  
Bewertung der Schutzfunktion  
pro m dieser Deckschicht:  
**extrem gering**

# Ausgewählte Prozesse Reduktion

- Säure/Base
- Reduktion/Oxidation
- Lösung/Fällung
- ionische/kovalente/Komplex- Bindung
- H-Brücken, van-der-Waals, Outer-Sphere-Komplexe

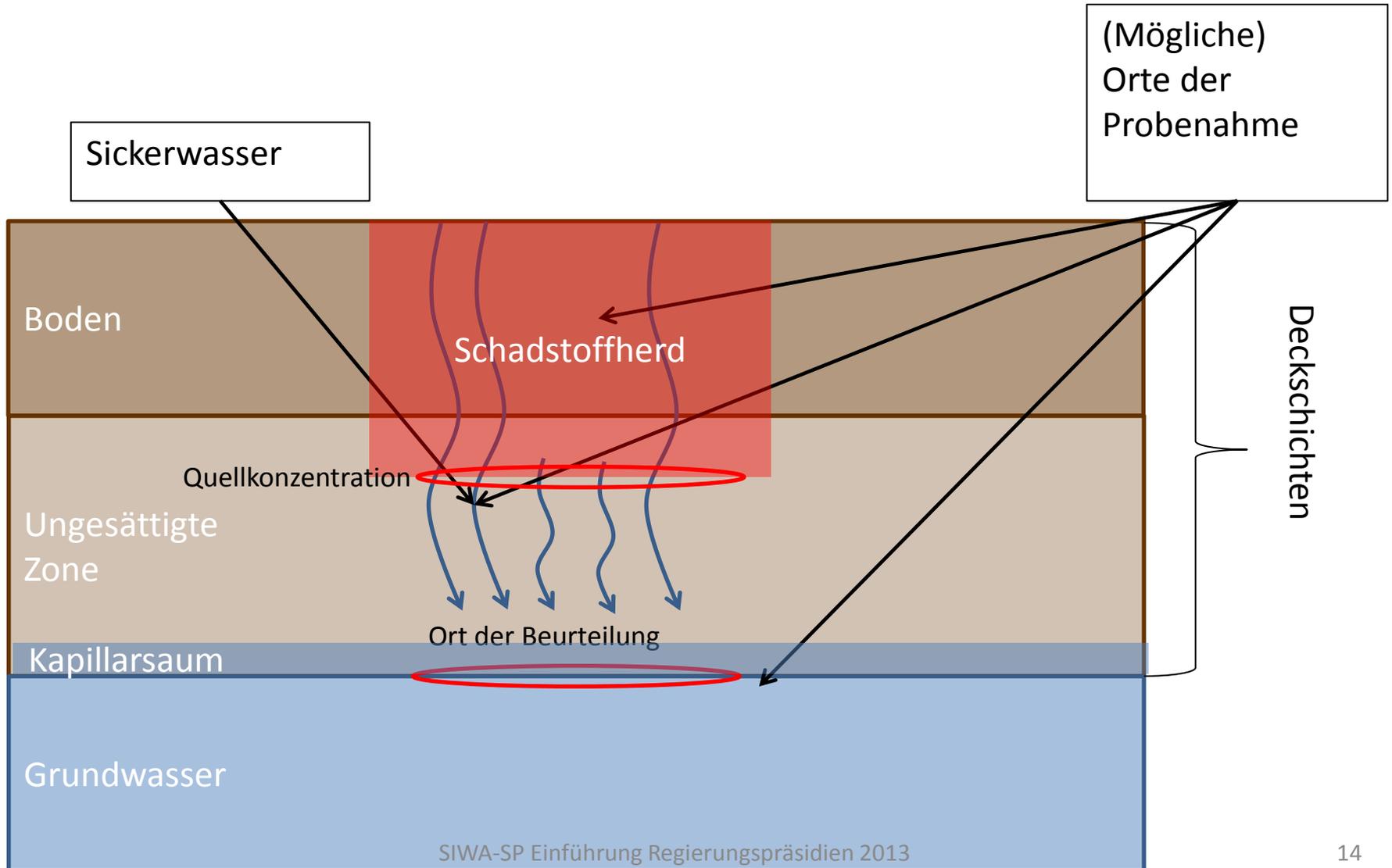
- 
- Mikrobieller Abbau durch Pilze, Archae, Bakterien
  - Mikrobieller Abbau durch Metabolismus, Katabolismus, Exoenzyme
  - Chemischer Abbau durch Photooxidation /-oxidantien, Oberflächenkatalyse

Interaktion Schadstoff -  
Boden/Deckschicht  
aus: Semi-Empirische

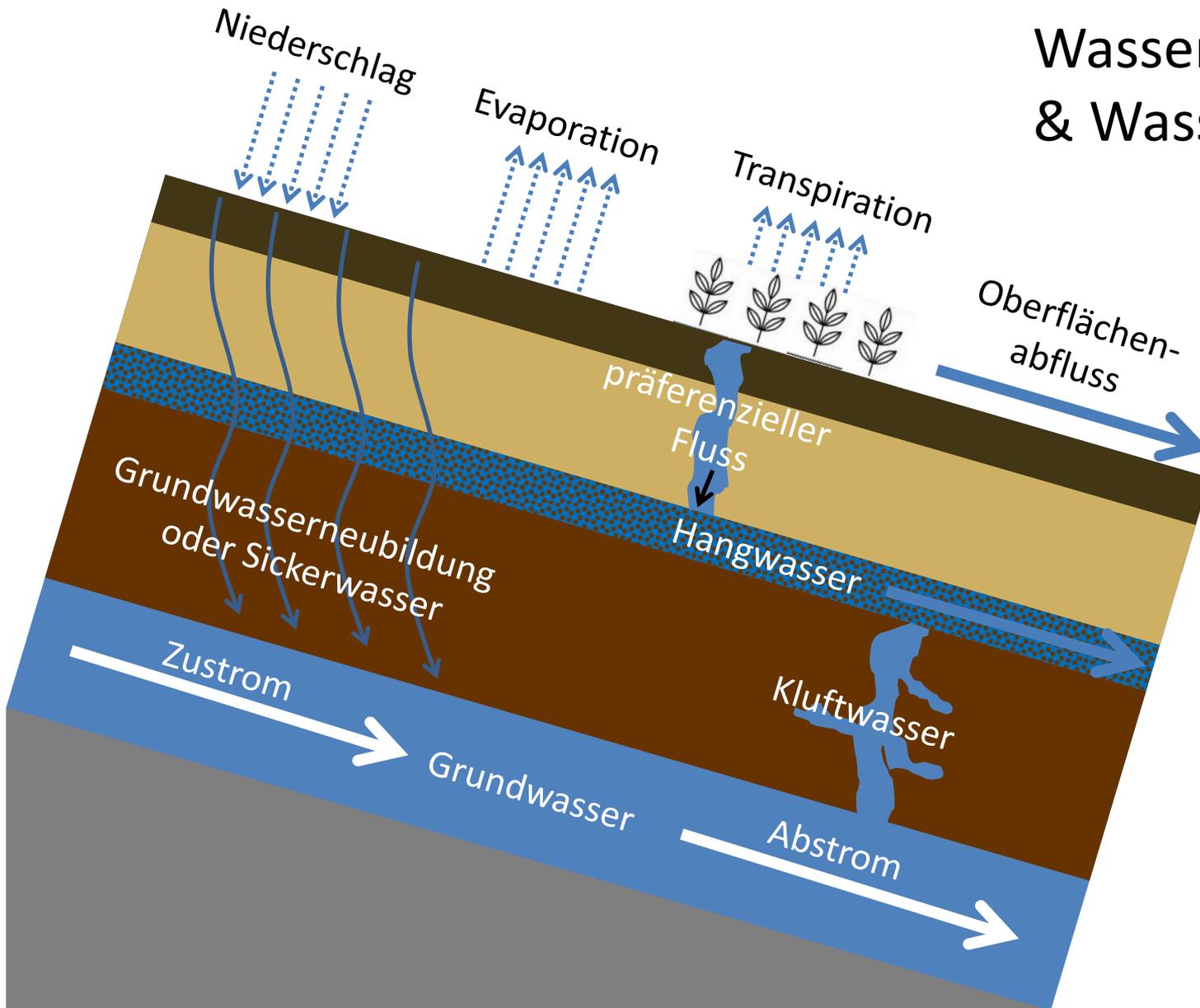
**Deutschland-  
isotherme-  
Datenbank**

(BGR/UBA, Utermann  
et al., 2005)

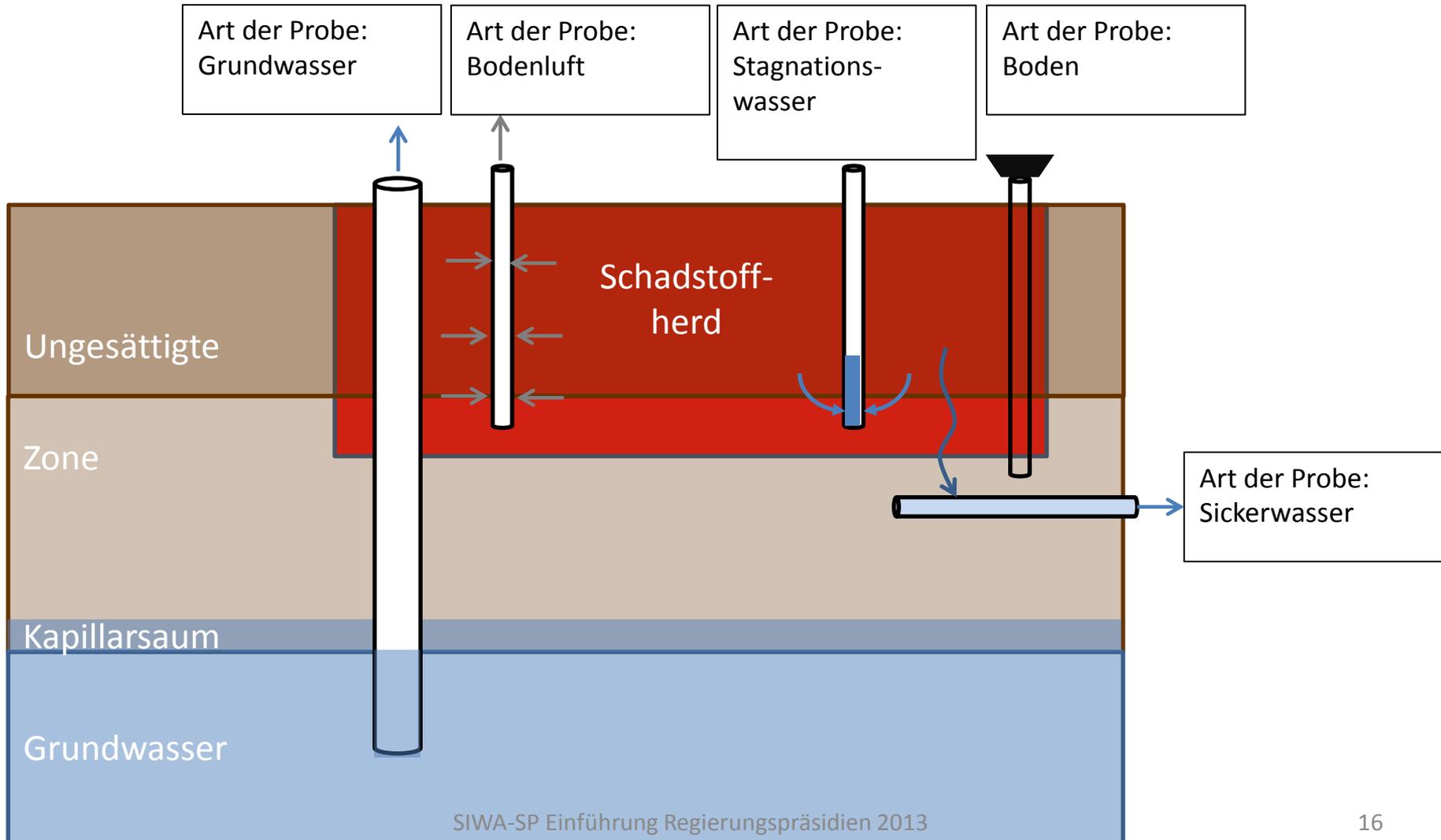
# Begriffe



# Wasserhaushalt & Wasser



# Schadstoffbelastung: Art und Ort der Probenahme

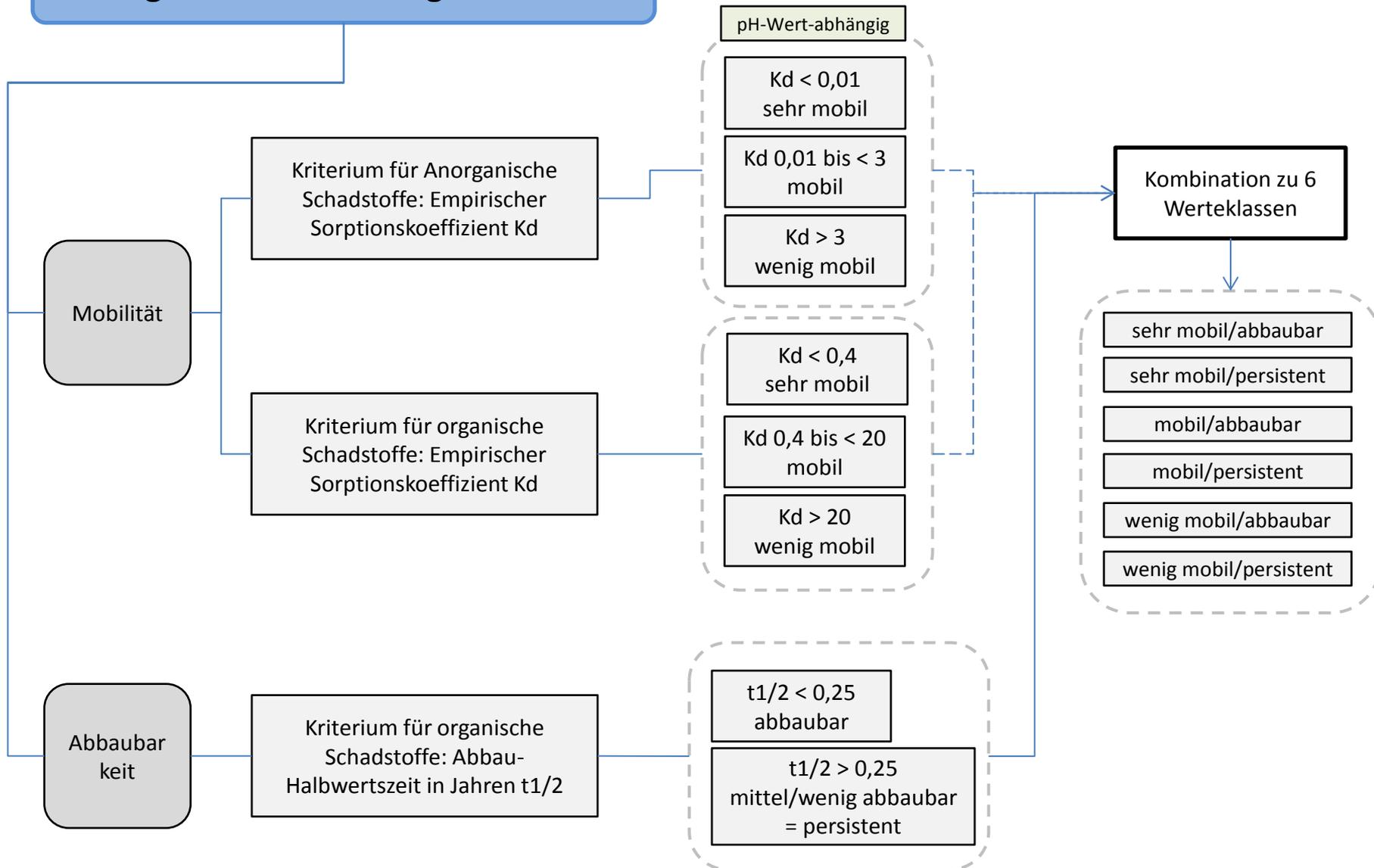


# Konkretisierung / Vorgehen

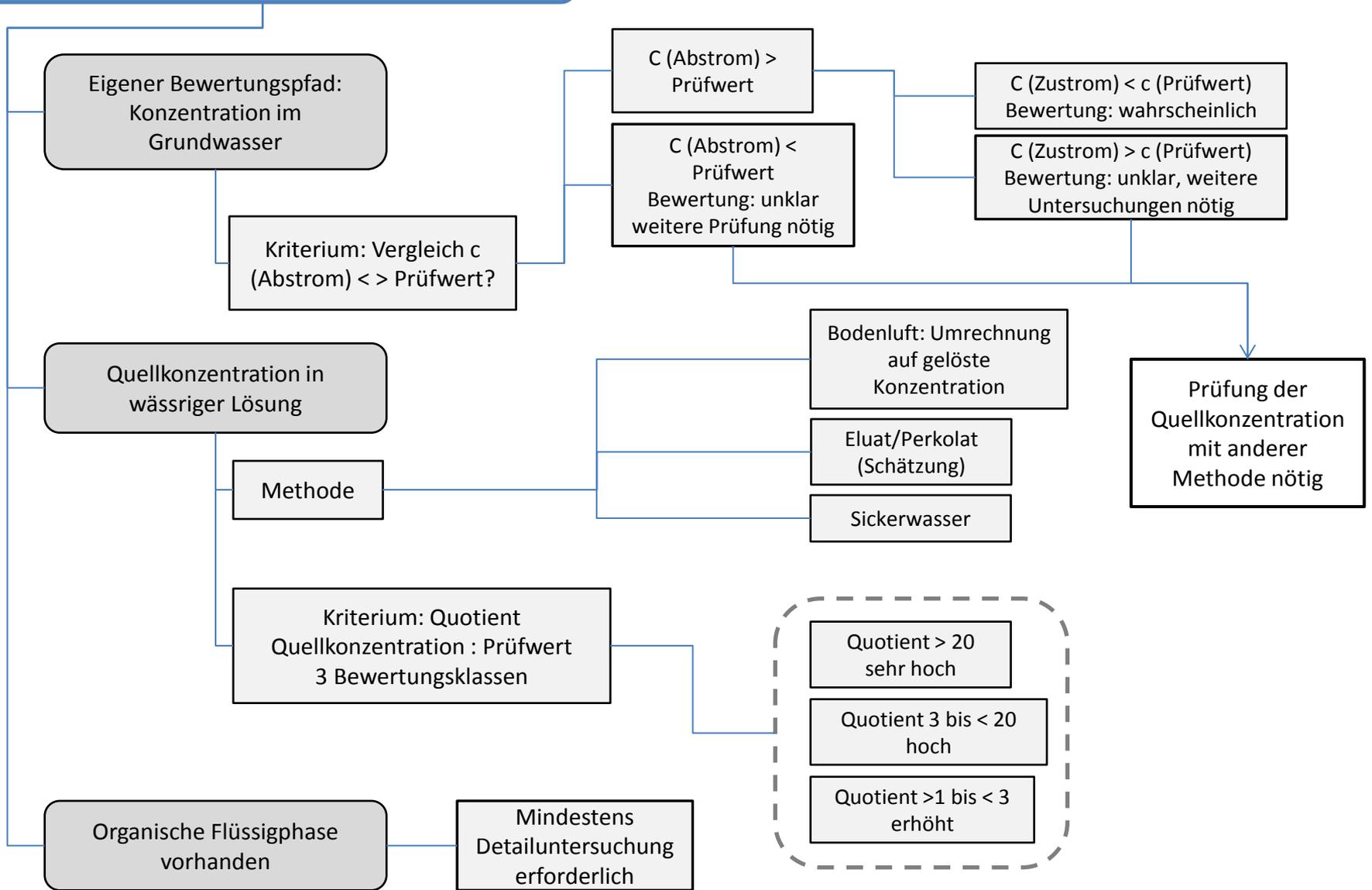
**Tab. 10: Kategorien und Klassennamen**

Kategorie	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
<b>Schadstoff</b>	sehr mobil / persistent	mobil / persistent	wenig mobil / persistent	sehr mobil / abbaubar	mobil / abbaubar	wenig mobil / abbaubar
<b>Standortspezifischer Grundwasserschutz</b>	sehr gering	gering	mittel	hoch		
<b>Quellkonzentration</b>	>20 facher Prüfwert sehr hoch	3 bis <20 facher Prüfwert hoch	>1 bis <3facher Prüfwert erhöht			
<b>Bewertung</b>	wahrscheinlich	zu erwarten	nicht zu erwarten			

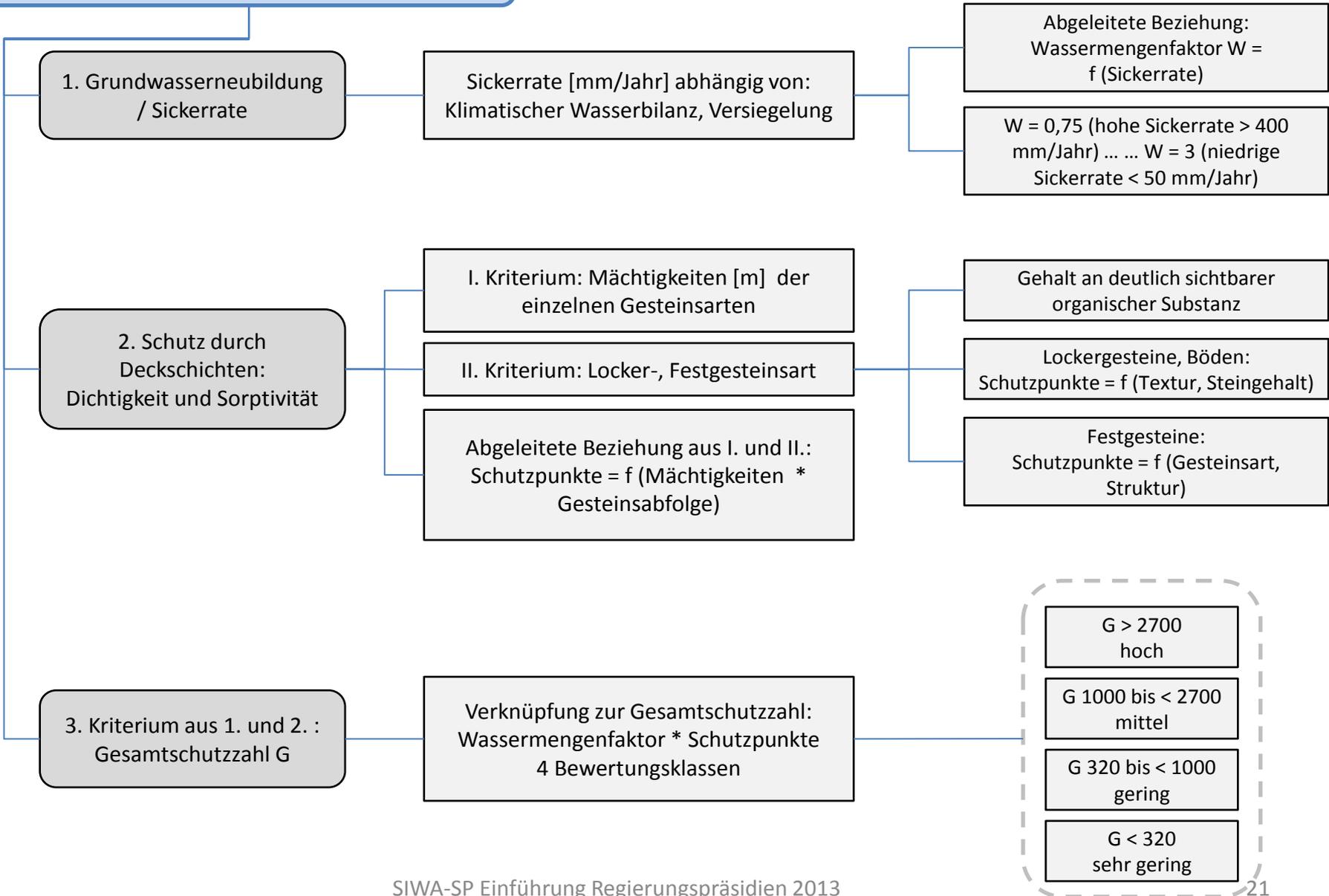
# Kategorie: Schadstoffeigenschaften



# Kategorie: Schadstoffbelastung



# Kategorie: Standorteigenschaften



Tab. 9: Klassen-Kriterien zur Einordnung der Schadstoffe nach Mobilität und Abbaubarkeit, des standortspezifischen GW-Schutzes und der Quellkonzentration

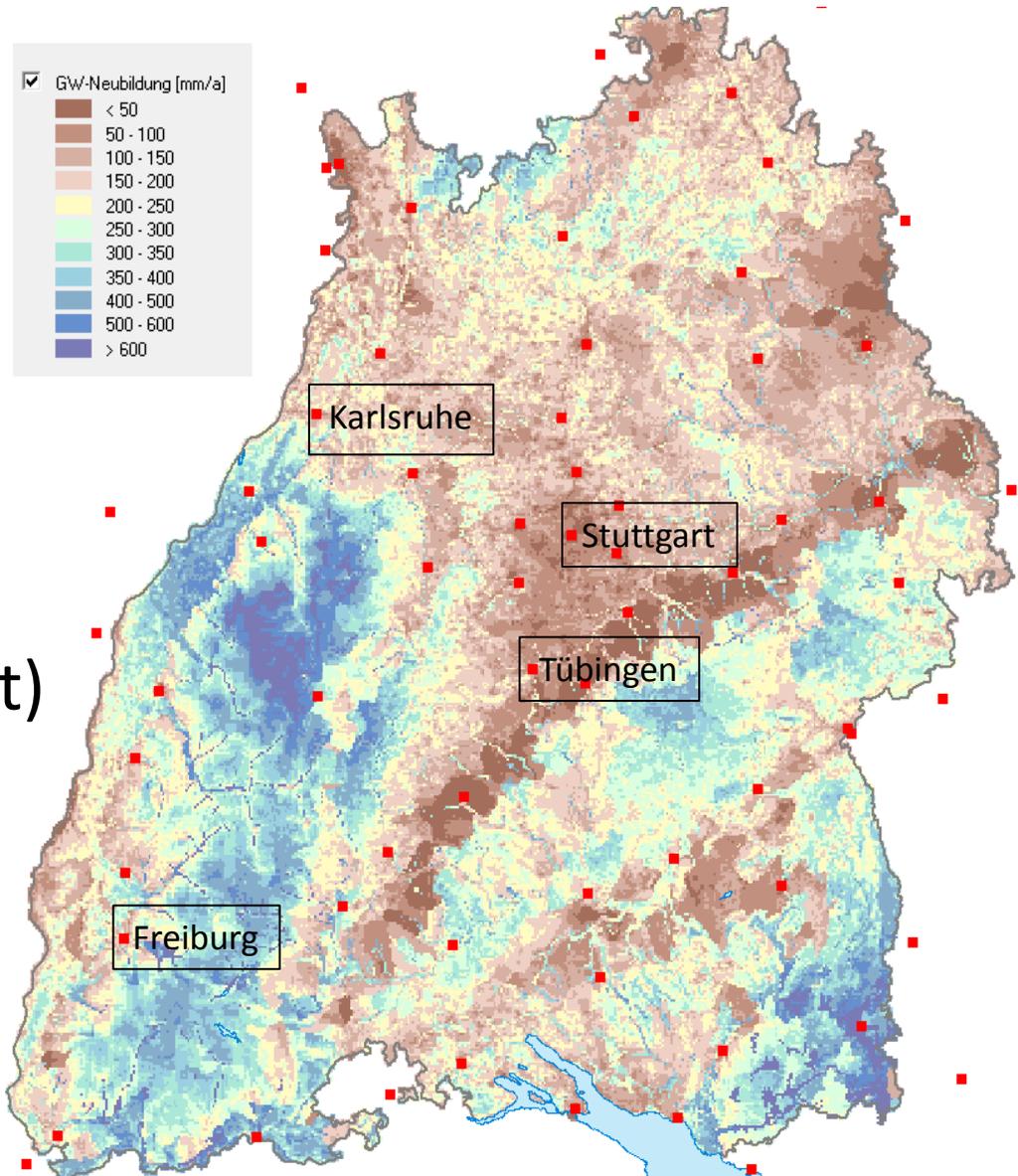
Klassifizierung					Kommentare
Schadstoff					
Abbaubarkeit	hoch = "abbaubar"		Mittel oder gering = "persistent"		
Halbwertszeit in Jahren [a]	< 0,25		> 0,25		nach BGR: in der ungesättigten Zone
Mobilität	sehr mobil	mobil	wenig mobil		
Anorganik	Kd < 0,01	Kd < 3	Kd > 3	pH-ab- hängig	nach BGR: linearisierter Freundlich- Koeffizient
Organik	Kd < 0,4	Kd < 20	Kd > 20		nach BGR s.o.
Standortspezif. Grundwasser- schutz	< 320	< 1000	< 2700	> 2700	aus Beispielen abgeleitet
Quell- konzentration	> 20 facher Prüfwert	3 bis < 20 facher Prüfwert	> 1 bis < 3facher Prüfwert		gesetzte Werte

# Eingruppierung Schadstoffe: Beispiele

	Persistent	Abbaubar
Sehr mobil	Antimon Arsen (4,5<pH<7,0) Cadmium (pH<6,5) Nickel (pH<6,0) Zinn <b>BTEX (Standard)</b> , Benzol LHKW (Standard, PER, TRI, VC)	MKW (Benzin) LHKW (Abbaubare dom.: 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 dom). 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)	

Beispiel: BTEX, 40 µg/L, Prüfwert 20 µg/L => sehr mobil, erhöhte Belastung

Beispielerggebnis:  
275 mm  
(Klassenmittelwert)



# Einfluss der Verdachtsflächen-Oberfläche

Tab. 1: Variation des WaBoA-Wertes:

Standortsverhältnisse	Änderung WaBoA-Wert [mm/a]
begrünt, bewachsen	+/- 0
unbegrünt, unversiegelt	+ 50 bis +250
teilversiegelt oder teilentwässert	- 50 bis - 250
voll versiegelt /voll entwässert	Keine GW-Gefährdung

Beispielergebnis:  $275 - 250 = 25 \text{ mm/a}$

Tab.2: Einfluss der Grundwasserneubildung, Bestimmung Faktor W (leicht verändert nach Hölting et al., 1995)

Grundwasserneubildung [mm/Jahr]	Wassermengenfaktor W
< 50	3
< 100	2
<200	1,5
<300	1,25
<400	1
>400	0,75

Beispielergebnis: 25mm/a=> W = 3

# Tab.3: Bewertung der Gesteinsart bei Lockergesteinen (leicht verändert nach Hölting et al., 1995)

Beispiel-  
ergebnis:  
X m\*Y Punkte  
= 2 \* 60 = 120

Torfe und Mudden	
Torf	400
Mudde	300
Feinboden	
Tt	500
Tl, Tu2	400
Ts2	350
Tu3	320
Lt3	300
Tu4, Ts3	270
Ut4, Tu4	250
Lt2, Lts	240
Lu	220
Ts4, Ls2, Ut3	200
Ls3, Ut2	180
Uls, Uu, Ls4	160
St3, Slu	140
Us, Sl4	120
Sl3, Su4	90
St2, Su3	75
Sl2	60
Su2	50
Ss	25
Lockergestein	
sandig toniger Grus	75
sandig schluffiger Grus	60
sandiger Grus, grusiger Sand	10
Kies, Grus, Steine	5
vulkanische Lockergesteine	200

Tab.4: Bewertung der Gesteinsart bei Festgesteinen (verändert nach Hölting et al., 1995)

Produkt aus Punktzahl für Gesteinsart (oben) und Punktzahl für strukturelle Eigenschaft (unten)

Beispielergebnis:

$$X \cdot m * Y \text{ Punkte} * Z \text{ (Struktur)} = 18 * 15 * 0,3 = 90$$

Festgestein	
Tonstein, Tonschiefer, Mergelstein, Schluffstein	20
Sandstein, Quarzit, vulkanische Festgesteine, Plutonite, Metamorphite	15
poröser Sandstein, poröse Vulkanite	10
Konglomerat, Brekzie, Kalkstein, Kalktuff, Dolomitstein, Gipsstein	5
Struktur	Silikat
<b>Standardwert</b>	<b>0,3</b>
mittel geklüftet	1
<b>stark geklüftet, zerrüttet</b>	<b>0,3</b>
Struktur	Kalk
<b>Standardwert</b>	<b>0,5</b>
mittel geklüftet, wenig verkarstet	1
<b>mittel verkarstet</b>	<b>0,5</b>
stark geklüftet, zerrüttet, stark verkarstet	0,3

# Berechnung

Gesamtpunkte Deckschichten:  $120 + 90 = 210$

Wassermengenfaktor W: 3 (sehr geringe Sickerung)

Schutzfunktion = Gesamtpunkte \* Wassermengenfaktor  
**630** = 210 \* 3

# Klassifikation

	sehr gering	gering	mittel	hoch	
Standortspezifischer Grundwasserschutz	<320	<1000	<2700	> 2700	aus Beispielen abgeleitet

# Kombination der Klassen

- Kombination aus Persistenz und Mobilität:  
Klasse X (*Bsp: sehr mobil/persistent*)
- Standortspezifischer Grundwasserschutz:  
Klasse Y (*Bsp: gering*)
- Stärke der Belastung (Quellkonzentration):  
Klasse Z (*Bsp: erhöht*)
- Kombination XYZ = Qualitatives Ergebnis

# QUALITATIVE Bewertung aus den Klassenkombinationen

Tab 6: Bewertung für Schadstoffgruppe: sehr mobil

Klasse 1:	Persistent			
Standortspezifischer GW-Schutz	sehr gering	gering	mittel	hoch
Quotient Quellkonz				
Prüf >1-<3	wahrscheinlich	zu erwarten	zu erwarten	nicht zu erwarten
Prüf 3-20	wahrscheinlich	wahrscheinlich	wahrscheinlich	zu erwarten*
Prüf >20	wahrscheinlich	wahrscheinlich	wahrscheinlich	zu erwarten*
Klasse 2:	Abbaubar			
Standortspezifischer GW-Schutz	sehr gering	gering	mittel	hoch
Quotient Quellkonz				
Prüf >1-<3	wahrscheinlich	zu erwarten	nicht zu erwarten	nicht zu erwarten
Prüf 3-20	wahrscheinlich	wahrscheinlich	zu erwarten	nicht zu erwarten
Prüf >20	wahrscheinlich	wahrscheinlich	zu erwarten	nicht zu erwarten

# Praxis II

# Beispiel 2:

## Chemische Reinigung in Flussaue

- LHKW-Schaden, v.a. PER (Tetrachlorethen)
- Grundwasserneubildung: 140 mm, teilversiegelt
- Geologie: 2,5 m lehmiger Sand (Sl3), humos, mit 35 % Kies
- Konzentrationen in der Bodenluft:
  - Mittelwert: 5 mg/m<sup>3</sup>
  - Max. Wert: 300 mg/m<sup>3</sup>
- *Variationen:*
  - *Phase (verschiedene Fälle)*
  - *Gesamtgehalt: 0,25 mg PER/kg Boden*
  - *Gehalte im Grundwasser:*
    - Anstrom: 0 µg/L
    - Abstrom:
      - » Mittelwert: 100 µg/L
      - » Max. Wert: 9000 µg/L

# Beispiel 3: Heizöl-Handlung

- MKW-Schaden, v.a. leichtes Heizöl
- Grundwasserneubildung: 120 mm, teilversiegelt
- Geologie: 5 m Löss (Ut3), über 20 m Kies
- MKW-Gehalt im 2:1-Schüttelextrakt:
  - Mittlerer Gehalt 528 µg/L
  - Maximum 1050 µg/L
- *Variation: Benzin als Hauptfraktion*

# Zusammenfassung SIWA-SP

- Ziele:
  - Vergleichbarkeit ~ Einzelfallgerechtigkeit
  - Standardisierung ~ Verwaltungsvereinfachung
  - Standardisierung ~ Anforderungen an Gutachter definiert
- Weg:
  - Grundlage: relevante, empirische Datensätze
  - Reduktion auf Stoff, Menge, Standortgegebenheiten
  - quantitative Klasseneinteilung
  - qualitative Bewertung für eine verbal-argumentative Prognose
- Bewertungsvorschlag im Rahmen der OU

# Ihre Fälle und offene Diskussion

# Ausblick

- Testphase ca. 1 Jahr
- Feedback anhand Fragebögen oder Rundgespräch
- Anpassungen an Excel-Tool und Text

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Wolf-Anno Bischoff  
Andreas Schwarz  
*info@terraquat.com*



## Projektbegleitung:

Cosima Hillmert, LUBW Karlsruhe

Dr. Iris Blankenhorn, LUBW  
Karlsruhe

Bernhard Kugler, LRA Neckar-  
Odenwaldkreis

Markus Roth, LRA Calw

Jens Dünnebier, LRA Emmendingen

Thomas Lewandowski, LRA  
Schwarzwald-Baar-Kreis

Dr. Kristina Schenk, Stadt Ulm

## Wahl der **Kategorien** Schadstoff, Quellkonzentration, GW-Schutz:

- Konzeptionelle Trennung von Stoffeigenschaften, Stärke der Belastung und Eigenschaften der örtlichen Gegebenheiten
- Daher: Maximale Unabhängigkeit der Eingangsgrößen, daher in jedem Einzelbereich leicht und unabhängig verbesserbar
- Prozesse als Interaktion von Standort-, Stoff-, Belastungsklassen werden in der Bewertung qualitativ abgebildet. Eingang finden Transport, Sorption, Abbau

## Wahl der **Schadstoffklassen** als Kombination aus relativer Mobilität und Abbaubarkeit:

- Viele Schadstoffe „stehen“ schon in einer Klasse explizit aufgeführt => direkter Zugang zur weiteren Bewertung.
- Die objektiven Kriterien Sorptionskoeffizient und Halbwertszeit aus dem gut für viele Standorte in Deutschland geeichten, empirischen ALTEX ermöglichen quantitative, nachvollziehbare Klassengrenzen.
- Jedoch werden die ALTEX-Daten nur QUALITATIV im relativen Vergleich der Schadstoffe untereinander zu Rate gezogen, da eine ALTEX-Standortskalibrierung für die OU völlig unrealistisch ist.
- Wir beachten nur 2 Abbau-Stufen (persistent und schnell abbaubar), weil selbst mittel abbaubare Substanzen unter den ungünstigen Bedingungen des Unterbodens deutlich unterhalb der experimentell ermittelten Abbauraten bleiben. Kleinere Abbaumengen sind durch die Spielräume innerhalb der Prüfwertschätzung berücksichtigt.

## Wahl der **Quellkonzentrationsklassen** relativ zum Prüfwert:

- Der relative Überschuss im Verhältnis zum Prüfwert ist ein gutes Maß dafür, wie viel Schadstoff bis zum OdB sorbiert oder abgebaut muss.
- Kritisch ist die 1:1-Übernahme der berechneten/gemessenen Quellkonzentrationen, die im eigentlichen Sinn nicht als richtig bezeichnet werden können. Jedoch wird z.Z. keine bessere Möglichkeit bei vernünftigem Aufwand gesehen.

## Wahl der **standortspezifischen Schutzklasse** aus Sickerwasserrate/ GW-Neubildung und Deckschichten über dem Grundwasser:

- Die GW-Neubildung unter einer Altlastverdachtsfläche ergibt sich aus klimat. Wasserbilanz und Bewuchs/Versiegelung. Eine vollständige Versiegelung schließt daher eine Kontamination des GW aus, wenn die zugehörige Kanalisation/Auffang ebenfalls dicht sind. Fehlender Bewuchs und grobes abgelagertes Material erhöhen die Sickerwassermengen.
- Die klimatische Wasserbilanz und damit die natürliche GW-Neubildung ist für Baden-Württemberg komplett vorhanden (WaBoA, 2007) und muss nur ausgelesen werden.
- Eine Tabelle enthält Korrekturvorschläge für die GW-Neubildung. Anmerkungen dazu gibt es bereits in der Stoffsammlung.
- Der Schutz der Festgesteins-Deckschichten ist problematisch zu erfassen, aber nicht zu vernachlässigen. Der 4-Klassenvorschlag soll zunächst intern getestet werden.