

# **Anwendung von Frachtbetrachtungen bei mit chlorierten Kohlenwasserstoffen belasteten Standorten**

**Expertenbericht der ChloroNet-Arbeitsgruppe Fracht  
Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)**

**13. Oktober 2014**

Verfasser:

Arbeitsgruppe Fracht (2013-2014)

Heinrich Adler	AFU St. Gallen / POL ChloroNet
Gabriele Büring	PL ChloroNet
Marc-André Dubath	Geotest AG
Thomas Eisenlohr	Dr. Heinrich Jäckli AG
Bettina Flury	CSD Ingenieure AG
Bernhold Hahn	AWEL Zürich (Leitung)
Peter Polack	Geotechnisches Institut AG
Yvan Rossier	Hydrogeap

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU):

Sybille Kilchmann	BAFU, Abteilung Wasser
Monika Schwab-Wyssler	BAFU, Abteilung Boden und Biotechnologie / PL Chloro-Net
Christiane Wermeille	BAFU, Abteilung Boden und Biotechnologie

Der vorliegende Expertenbericht wurde im Auftrag des BAFU von der Arbeitsgruppe Fracht im Rahmen des Projektes ChloroNet erarbeitet. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich und er stellt die Meinung dieser Expertengruppe zum Zeitpunkt seiner Erarbeitung dar. Der Bericht kann bei Bedarf überarbeitet werden.

# Anwendung von Frachtbetrachtungen bei mit chlorierten Kohlenwasserstoffen belasteten Standorten

## Management Summary

### Auftrag und Anwendung

**Gesetzliche Anforderung** Für die Beurteilung von Zielen und Dringlichkeit einer altlastenrechtlichen Sanierung sind nach Art. 14 Abs. 1 der Altlastenverordnung (AltIV) verschiedene Kriterien massgebend. Die Fracht als eines der Kriterien wird neben Art, Lage, Menge und Konzentration der umweltgefährdenden Stoffe, zeitlichem Verlauf der Einwirkungen sowie Lage und Bedeutung der gefährdeten Umweltbereiche in Art. 14 AltIV explizit erwähnt und ist daher fester Bestandteil der Gefährdungsabschätzung der Detailuntersuchung.

**Auftrag** Im ChloroNet Teilprojekt Risikomanagement wurde die Fracht als wichtiges Kriterium für den Umgang mit Belastungen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) angesehen. Dazu wurde eine Arbeitsgruppe eingesetzt mit dem Ziel, die Fracht zu definieren, die aktuelle Situation in der Schweiz betreffend Frachteinbezug zu analysieren, Möglichkeiten und Grenzen der Methoden zur Frachtbestimmung (z.B. Modellierung) zu beschreiben sowie Kriterien für den Einbezug von Frachtbetrachtungen zu entwickeln. Die Diskussionen und Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe sind im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

**Anwendung** Der ChloroNet-Expertenbericht soll Behörden und Gutachtern als Entscheidungshilfe bzw. Diskussionsgrundlage dienen, wenn Frachtbetrachtungen bei CKW-Standorten durchgeführt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Frachtbetrachtungen nicht alleinige Entscheidungsgrundlage sind, sondern dass die weiteren, in Art. 14 AltIV genannten Kriterien, ebenfalls zu betrachten und mit den Frachtbetrachtungen zu plausibilisieren sind.

### Frachtbetrachtungen bei CKW-belasteten Standorten

**Definition Frachtbegriff** Die CKW-Fracht bei belasteten Standorten wird definiert als die mit dem Grundwasser vom Standort abströmende Menge CKW [g oder kg] pro Zeiteinheit [d oder a]. Der Standort wird gemäss ChloroNet Teilprojekt Risikomanagement definiert.

**Anwendungsbereiche** Frachtbetrachtungen sind insbesondere für die Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung sowie für Gefährdungsabschätzungen heranzuziehen. Zudem kann die Fracht ein entscheidendes Kriterium bei der Priorisierung sein oder als Hilfsmittel zur Festlegung von Sanierungsmassnahmen, Anpassung von Sanierungszielen sowie zur Bewertung eines Sanierungsunterbruchs oder eines Sanierungserfolgs dienen.

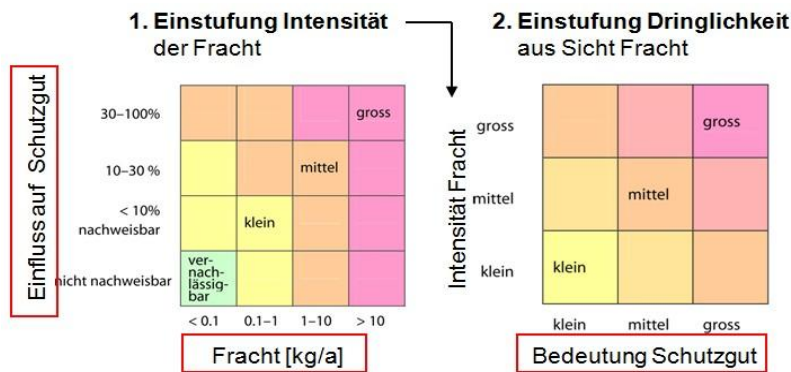
Für die Standortklassierung bzw. die Beurteilung des Überwachungs- oder Sanierungsbedarfs sind Frachtbetrachtungen nicht relevant. Als numerische Anforderungen sind einzig die Konzentrationswerte der Altlastenverordnung massgebend.

**Anforderung an die Datenerhebung** Von grosser Bedeutung sind die Lage des Kontrollquerschnittes sowie die Bestimmung der erforderlichen Parameter zur Frachtberechnung. Dazu ist eine sinnvolle Beprobungsstrategie erforderlich. Diese ist wiederum abhängig von der Zielsetzung, der geforderten Genauigkeit sowie den hydrogeologischen Verhältnissen. Die im Expertenbericht vorgestellten technischen Aspekte berücksichtigen unter anderem jene Aspekte, welche im Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 6, des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 2008 beschrieben sind.

**Frachtmodelle** Die Bestimmung, Betrachtung und Prognose der Fracht kann mittels einfacher Abschätzungen über Bilanzierungszellen bis hin zu komplexen Modellierungen erfolgen. Der wesentliche Nutzen einer Modellierung besteht in der Vorhersage der Schadstoffentwicklung, sowie im Gesamtverständnis des hydrogeologischen Umfeldes. Damit können wichtige Aussagen über erforderliche

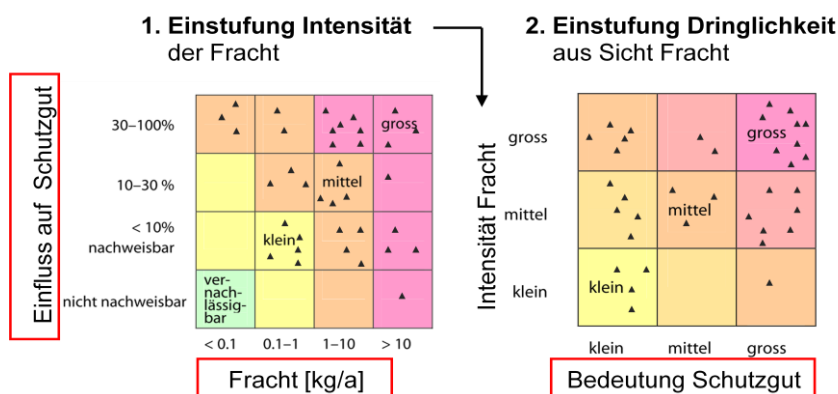
Massnahmen und zu erwartende Belastungsmuster gemacht werden, wobei der hohe Aufwand aber in Relation zu Bedeutung des Resultates stehen muss.

**Lösungsansatz zur Bewertung der Frachtaberschätzung** Im Expertenbericht wird ein möglicher Lösungsansatz vorgestellt mit dem Ziel, die Dringlichkeit einer Sanierung aus Sicht Fracht beurteilen zu können. Das beschriebene Modell besteht aus einer zweistufigen Bewertung: zuerst wird aus der Fracht sowie dem Einfluss auf das Schutzgut die „Intensität der Fracht“ bestimmt. Anschliessend ergibt sich in Kombination mit der Bedeutung des Schutzgutes die Grobeinstufung für die Dringlichkeit einer Sanierung im Rahmen des Frachtaspektes. Die verschiedenen Kriterien Fracht, Einfluss aufs Schutzgut und Bedeutung Schutzgut sind im Expertenbericht erläutert.



**Abbildung 1:** Zweistufiges Bewertungsmodell zur Beurteilung der Dringlichkeit des Sanierungsbedarfs

**Validierung des Bewertungsmodells** Im Rahmen der Arbeitsgruppe Fracht wurde das Bewertungsmodell anhand von Beispielen diskutiert und überprüft. Im Anschluss haben mehrere Kantone das Modell anhand zahlreicher Praxisfälle aus dem Vollzug validiert. Je nach lokaler Situation kann die Bewertung von Einfluss bzw. Bedeutung Schutzgut unterschiedlich gehandhabt werden. Ist beispielsweise die Bedeutung des Schutzgutes überall gleich, so genügt bereits die erste Bewertungsstufe (Einstufung Intensität der Fracht). Die Ergebnisse der Validierung in der nachfolgenden Abbildung zeigen, dass das Modell anwendbar und für die Bewertung der Dringlichkeit im Rahmen einer Frachtbetrachtung hilfreich ist.



**Abbildung 2:** Validierung des Bewertungsmodells mit Verteilung der Bewertungsergebnisse

# Anwendung von Frachtbetrachtungen bei mit chlorierten Kohlenwasserstoffen belasteten Standorten

## Inhalt

Management Summary .....	3
1. Einleitung .....	7
2. Definition des Frachtbegriffs .....	8
3. Fracht im rechtlichen Umfeld .....	10
3.1 Die altlastenrechtliche Beurteilung eines belasteten Standortes .....	10
3.2 Fracht in der Altlastenverordnung (AltIV) .....	11
3.3 Fracht und Gewässerschutzverordnung (GSchV) .....	12
4. Anwendungsbereiche von Frachtbetrachtungen .....	15
5. Anforderungen an die Datenerhebung .....	19
5.1 Lage des Fahnenquerschnittes (Kontrollquerschnittes) .....	19
5.2 Erforderliche Parameter .....	21
5.3 Beprobungsstrategie .....	23
5.3.1 Punktuelle Frachtbestimmung .....	23
5.3.2 Zuflussgewichtete Frachtbestimmung .....	24
5.3.3 Übersicht Zusammenspiel von Beprobungsstrategie und Beprobungsart .....	26
5.4 Auswertung und Interpolation der Messergebnisse .....	26
5.5 Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung .....	27
5.6 Fehlerbetrachtung .....	27
5.7 Zusammenfassung Beprobungsstrategie .....	28
6. Frachtmodelle .....	29
7. Lösungsansatz zur Bewertung der Frachtabschätzung .....	30
7.1 Vergleich der Frachtanwendung im Ausland .....	30
7.2 Vorgaben für einen Lösungsansatz .....	30
7.3 Bewertungsmodell .....	31
7.4 Abstufungen des Bewertungsmodells .....	33
7.5 Anwendungsbeispiele .....	34
7.6 Weiteres Vorgehen .....	35
Anhang 1: Bemerkungen zur Frachtbestimmung / Modellierung von Y. Rossier .....	36
Anhang 2: Betrachtung verschiedener Bewertungsmöglichkeiten im Ausland .....	37

## Abbildungen

Abbildung 1	Illustration der Begriffe „Abstrombereich unmittelbar beim Standort“ sowie „Fahnenquerschnitt“ .....	9
Abbildung 2	Elemente des planerischen Grundwasserschutzes .....	13
Abbildung 3	Die „Opferstrecke“ im Grundwasserschutz .....	14
Abbildung 4	Priorisierung bei verschiedenen Standorten.....	15
Abbildung 5	Priorisierung unterschiedlicher Bereiche innerhalb eines Standortes.....	15
Abbildung 6	Beispiel für die Betrachtung verschiedener Massnahmenbereiche .....	16
Abbildung 7	Ausbreitung der Schadstoffkonzentrationen im gesättigten Bereich.....	20
Abbildung 8	Darstellung von Transekten (Quelle: Handbuch Altlasten, Bundesland Hessen).....	20
Abbildung 10	Ausdehnung mit einer grossen Querschnittsfläche .....	22
Abbildung 9	Querschnittsflächen bei ein resp. zwei schadstoffführenden Schichten .....	22
Abbildung 11	Messstellenverteilung bei punktuelltem Ansatz (Ansicht Querschnitt).....	23
Abbildung 12	Messstellenverteilung bei gewichtetem Ansatz mit vertikaler Bestimmung.....	24
Abbildung 13	Visualisierung eines Immissionspumpversuchs (Quelle: Arbeitshilfe Hessen) .....	25
Abbildung 14	Darstellung des Zusammenspiels von Beprobungsstrategie und Beprobungsart .....	26
Abbildung 15	Visualisierung des Stromröhren-Modells (Quelle: Arbeitshilfe Hessen).....	26
Abbildung 16	Visualisierung des Transsekten-Modells (Quelle: Arbeitshilfe Hessen).....	27
Abbildung 17	Darstellung des Zusammenspiels bei der Auswahl der Beprobungsstrategie .....	28
Abbildung 18	Darstellung des zweistufigen Bewertungsmodells für die Dringlichkeit einer Sanierung in Bezug auf die Fracht.....	32
Abbildung 19	Beispiel für die Anwendung des Bewertungsmodells: Fallbeispiel 1 .....	34
Abbildung 20	Beispiel für die Anwendung des Bewertungsmodells: Fallbeispiel 2 .....	35
Abbildung 21	Darstellung der verschiedenen Bewertungsansätze ( Schweiz, Deutschland und Frankreich) .....	37

## 1. Einleitung

Der vorliegende Expertenbericht fasst die Diskussionen und Ergebnisse der ChloroNet-Arbeitsgruppe Fracht zusammen. Ausgangspunkt der Arbeit waren die zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Resultate des Teilprojekts Risikomanagement. Die Fracht wird als wichtiges Kriterium für Bewertungen und Entscheidungen bei Belastungen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) angesehen und führte daher zur Bildung einer eigenen Arbeitsgruppe.

Ziele der Arbeitsgruppe Fracht waren

- Die Definition der Fracht,
- Die Analyse und Auswertung der aktuellen Situation in der Schweiz betreffend Frachteinbezug,
- die Beschreibung von Möglichkeiten und Grenzen der Methoden zur Frachtabschätzung,
- die Entwicklung von Kriterien für den Einbezug von Frachtbetrachtungen.

An insgesamt 7 Sitzungen im Jahre 2013 wurden die entsprechenden Fragestellungen diskutiert und Ergebnisse, Hilfestellungen sowie Lösungsansätze dokumentiert. Diese wurden auch an der ChloroNet Fachtagung im November 2013 vorgestellt. Diese Referate sind auf der ChloroNet-Website publiziert.

<http://www.bafu.admin.ch/chloronet/05751/13034/index.html?lang=de>

Der vorliegende Expertenbericht soll Behörden und Gutachtern als Entscheidungshilfe bzw. Diskussionsgrundlage dienen, wenn Frachtbetrachtungen bei CKW-Standorten durchgeführt oder zumindest diskutiert werden. Der Bericht ist jedoch keine Praxishilfe oder vollzugsrechtliche Vorgabe. Die Ergebnisse werden in die weiteren Arbeiten des Teilprojektes Risikomanagement einfließen.

## 2. Definition des Frachtbegriffs

Die allgemeine Definition der Fracht gemäss Literatur lautet:

**transportierte Masse pro Zeiteinheit.**

Ausgangspunkt für die nachfolgenden Diskussionen ist der mit CKW belastete Standort. Betrachtet wird also die Menge CKW, welche vom Standort mit dem Grundwasser abtransportiert wird. Damit wird der Standort zum Bezugspunkt für die Frachtbestimmung. Daher lautet die präzierte Definition der Fracht:

**Die CKW-Fracht bei belasteten Standorten wird definiert als die mit dem Grundwasser vom Standort abströmende Menge CKW [g oder kg] pro Zeiteinheit [d oder a].**

Es wird dabei von folgenden Definitionen bzw. Annahmen ausgegangen:

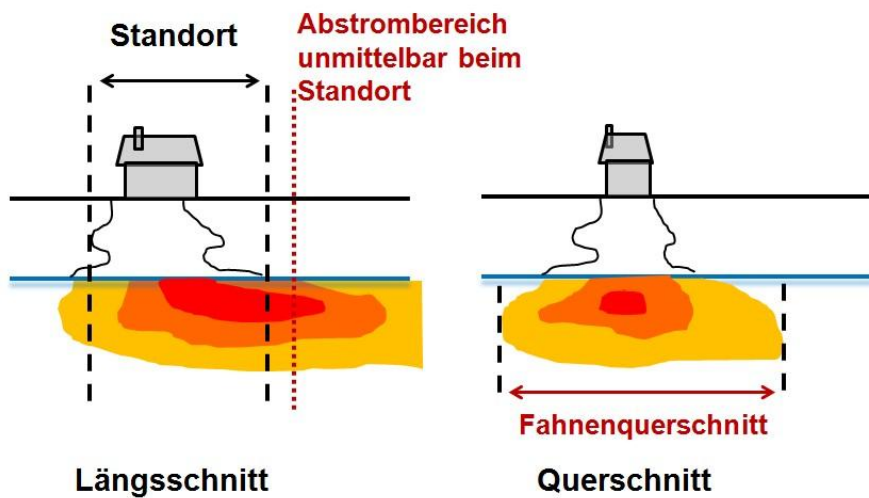
- *Die Standortabgrenzung ist gemäss ChloroNet Teilprojekt Risikomanagement definiert.*  
Für den gesättigten Bereich ergibt sich die Standortabgrenzung u.a. aus dem Feststoffgehalt von 1.0 mg CKW/kg für die  $\Sigma$  7 LCKW<sup>1</sup> gemäss TVA (I-Wert). (Vgl. hierzu auch die Tabelle „Kriterien für die Abgrenzung bzw. Löschung von CKW-belasteten Standorten“, Stand 25. Oktober 2013)
- *Es werden nur die in gelöster Form mit dem Grundwasser transportierten CKW betrachtet.*  
Nicht betrachtet wird eine allfällige Ausbreitung in Phase (z.B. als DNAPL) oder andere Transportpfade wie z.B. über die Porenluft oder über die Adsorption im Saumbereich.
- *Die Abstromfahne oder Schadstofffahne ist die Zone des gesättigten Grundwasserleiters, welche gegenüber allfälligen Hintergrundbelastungen erhöhte CKW-Gehalte im Grundwasser aufweist. Die geometrische Querschnittfläche der Schadstofffahne wird nachfolgend als Fahnenquerschnitt resp. Kontrollquerschnitt bezeichnet.*
- *Für Frachtabschätzungen wird der Fahnenquerschnitt in der Regel unmittelbar beim Standort betrachtet.*  
Dieser Bereich repräsentiert die Emissionen des Standortes am besten. Ausserdem ist der CKW-Gehalt in diesem Bereich massgebend für die Standortbeurteilung und hier liegt in der Regel die grösste Datendichte vor. Mögliche Abbau- oder Adsorptionsprozesse, welche die Interpretation erschweren, werden damit bewusst nicht erfasst. Zur Untersuchung von derartigen Prozessen ist die Betrachtung weiter entfernter Fahnenquerschnitte (Transsekten) zweckmässig.
- *Wenn Abbauprodukte in relevanten Mengen auftreten, ergibt sich häufig eine höhere Komplexität in der Gesamtbewertung. Deshalb müssen diese separat bzw. einzelfallmässig betrachtet werden.*

Nachfolgend die schematische Darstellung einer typischen CKW-Ausbreitung im gesättigten Bereich. Die Standortabgrenzung ergibt sich aus den entsprechenden Kriterien für den ge-

<sup>1</sup>  $\Sigma$ 7 LCKW gemäss TVA: Dichlormethan, Trichlormethan, Tetrachlormethan, cis-1,2-Dichlorethylen, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethylen (Tri), Tetrachlorethylen (Per)



sättigten Bereich gemäss ChloroNet Teilprojekt Risikomanagement. Dadurch wird der unmittelbare Abstrombereich bestimmt (siehe Längsschnitt).



**Abbildung 1** Illustration der Begriffe „Abstrombereich unmittelbar beim Standort“ sowie „Fahnenquerschnitt“

Es ergeben sich somit folgende Anforderungen an die Definition:

#### Zusammenfassung zur Definition des Frachtbegriffs

- Grundlage ist die Standortdefinition gemäss ChloroNet Teilprojekt Risikomanagement.
- Damit ergibt sich, dass nur die in gelöster Form mit dem Grundwasser transportierten CKW in der Frachtberechnung erfasst werden sollen.
- Der zu betrachtende Fahnenquerschnitt befindet sich in der Regel im unmittelbaren Abstrombereich des Standorts. Je nach Fragestellung kann er aber auch im weiteren Abstrombereich liegen.
- Andere Transportpfade wie z.B. Porenluft werden nicht betrachtet.

*Hinweis: detailliertere Definitionen (Darcy-Gleichung etc.) finden sich im Kapitel 5.*

### 3. Fracht im rechtlichen Umfeld

In diesem Kapitel wird die Wechselwirkung zwischen Altlastenrecht und Gewässerschutzrecht mit Schwerpunkt auf der Frachtbetrachtung diskutiert.

#### 3.1 Die altlastenrechtliche Beurteilung eines belasteten Standortes

Die Beurteilung der Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit eines belasteten Standortes wird in der Altlastenverordnung (AltIV) im 3. Abschnitt geregelt. Dabei geht die AltIV vom Bezugspunkt Standort aus und betrachtet die Emissionen, welche vom Standort ausgehen. Das bei CKW-Belastungen wichtigste und am meisten betroffene Schutzgut ist das Grundwasser.

Auf Grund der Lage der Industriegebiete (und damit auch der CKW-Verschmutzungen) in den Talebenen ist sehr häufig Grundwasser im Gewässerschutzbereich  $A_U$  (nutzbare unterirdische Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete) betroffen. Die Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, werden in der Gewässerschutzverordnung GSchV unter anderem durch numerische Anforderungen (Stoffkonzentrationen) festgelegt (Anhang 2 Ziff. 22 GSchV). Daran orientiert sich auch die AltIV: **Konzentrationswerte im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes** entscheiden über den Sanierungs- oder Überwachungsbedarf. Dies ist explizit in Art. 9 AltIV geregelt:

#### AltIV Art. 9 Schutz des Grundwassers (Altlasten-Verordnung, Stand am 1. August 2012)

<sup>1</sup> Ein belasteter Standort ist unter Vorbehalt von Absatz 1<sup>bis</sup> hinsichtlich des Schutzes des Grundwassers überwachungsbedürftig, wenn:

- a. im Eluat des Materials des Standortes ein **Konzentrationswert nach Anhang 1** überschritten ist; oder
- b. bei Grundwasser im Gewässerschutzbereich  $A_U$ : im Abstrombereich unmittelbar beim Standort die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, 10 Prozent eines **Konzentrationswertes nach Anhang 1** überschreitet; oder
- c. bei Grundwasser ausserhalb des Gewässerschutzbereichs  $A_U$ : im Abstrombereich unmittelbar beim Standort die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, 40 Prozent eines **Konzentrationswertes nach Anhang 1** überschreitet.

<sup>1bis</sup> Steht bei einem Standort nach mehrjähriger Überwachung fest, dass aufgrund des Verlaufs der Schadstoffkonzentration und der Standorteigenschaften mit grosser Wahrscheinlichkeit kein Sanierungsbedarf nach Absatz 2 zu erwarten ist, so ist der Standort nicht mehr überwachungsbedürftig.

<sup>2</sup> Ein belasteter Standort ist hinsichtlich des Schutzes des Grundwassers sanierungsbedürftig, wenn:

- a. bei Grundwasserfassungen, die im öffentlichen Interesse liegen, vom Standort stammende Stoffe festgestellt werden, die Gewässer verunreinigen können;
- b. bei Grundwasser im Gewässerschutzbereich  $A_U$ : im Abstrombereich unmittelbar beim Standort die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, die Hälfte eines **Konzentrationswertes nach Anhang 1** überschreitet;
- c. bei Grundwasser ausserhalb des Gewässerschutzbereiches  $A_U$ : im Abstrombereich unmittelbar beim Standort die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, das Zweifache eines **Konzentrationswertes nach Anhang 1** überschreitet; oder
- d. er nach Absatz 1 Buchstabe a überwachungsbedürftig ist und wegen eines ungenügenden Rückhalts oder Abbaus von Stoffen, die vom Standort stammen, eine konkrete Gefahr einer Verunreinigung des Grundwassers besteht.

Auch Art. 10, welcher sich mit dem Schutz der oberirdischen Gewässer beschäftigt, verweist auf die Konzentrationswerte gemäss Anhang 1 AltIV.

Damit wird der Überwachungs- und Sanierungsbedarf bezüglich Emissionen, die vom Standort ausgehen, vor allem durch Konzentrationswerte im unmittelbaren Abstrombereich beurteilt (daneben auch Eluat und ungenügender Rückhalt oder Abbau). Die Fracht ist dagegen nicht erwähnt.

**Frachtbetrachtungen dienen nicht der Standortklassierung bzw. der Beurteilung des Überwachungs- oder Sanierungsbedarfs. Hierzu sind einzig die Konzentrationswerte der Altlastenverordnung relevant.**

### 3.2 Fracht in der Altlastenverordnung (AltIV)

In der AltIV ist die Fracht explizit in Artikel 14 zum Stichwort Detailuntersuchung erwähnt.

#### Art. 14 Detailuntersuchung

<sup>1</sup> Zur Beurteilung der Ziele und der Dringlichkeit der Sanierung werden die folgenden Angaben detailliert ermittelt und auf Grund einer Gefährdungsabschätzung bewertet:

- a. Art, Lage, Menge und Konzentration der am belasteten Standort vorhandenen umweltgefährdenden Stoffe
- b. Art, **Fracht** und zeitlicher Verlauf der tatsächlichen und möglichen Einwirkungen auf die Umwelt
- c. Lage und Bedeutung der gefährdeten Umweltbereiche

Damit ist die Fracht bei Detailuntersuchungen zu bestimmen („detailliert zu ermitteln“) und zu bewerten. Dies fliesst dann in die Beurteilung der **Ziele** und **Dringlichkeit** der Sanierung ein. Die Fracht ist aber nur EINES von mehreren Kriterien, welche in Art. 14 AltIV erwähnt sind (Art, Lage, Menge, zeitlicher Verlauf etc.).

Das **Sanierungsziel** ist gemäss Art. 15 Abs. 1 AltIV die „...Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr solcher Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit nach den Artikeln 9-12 geführt haben.“ Vom Sanierungsziel abweichen kann man gemäss Art. 15 Abs. 2 und 3 AltIV, wenn folgende Voraussetzungen kumulativ erfüllt sind:

- wenn die Umwelt dadurch weniger belastet wird *und*
- die Kosten unverhältnismässig sind *und*
- die Anforderungen der Gewässerschutzgesetzgebung an die Wasserqualität eingehalten sind.

Die Anforderungen der GSchV bzgl. CKW (1 µg/l je Einzelstoff) lassen im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> keine Abweichung der Sanierungsziele bzgl. CKW zu. Bei Vinylchlorid ist zu beachten, dass hier das Sanierungsziel gemäss AltIV mit 0.5 µg/l tiefer als die Anforderung in der GSchV von 1µg/l liegt.

Ausserhalb des Gewässerschutzbereiches A<sub>u</sub> besteht ein grösserer Handlungsspielraum für die Abweichung vom Sanierungsziel, da hier insbesondere der Einfluss auf oberirdische Gewässer betrachtet wird (Exfiltration von Grundwasser).

Fazit: das Sanierungsziel sowie eine Abweichung oder Anpassung wird ebenso wie die Standortklassierung hauptsächlich über die Konzentrationswerte gesteuert. Die Fracht ist hier kein gesetzlich reglementierter limitierender Faktor. Im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> besteht bezüglich Sanierungsziel kein Handlungsspielraum, ausserhalb A<sub>u</sub> sind die Anforderungen dagegen nicht so hoch. Hier kann die Fracht eine Entscheidungshilfe bieten.

Zur **Dringlichkeit** von Sanierungen sagt Art. 15 AltIV:

#### **Art. 15 Ziele und Dringlichkeit der Sanierung**

<sup>4</sup> Besonders dringlich sind Sanierungen, wenn eine bestehende Nutzung beeinträchtigt oder unmittelbar gefährdet ist.

<sup>5</sup> Aufgrund der Detailuntersuchung beurteilt die Behörde die Ziele und die Dringlichkeit der Sanierung.

Es wird lediglich darauf hingewiesen, dass eine hohe Dringlichkeit besteht, wenn eine bestehende Nutzung, insbesondere eine Trinkwasserfassung, beeinträchtigt oder unmittelbar gefährdet ist. Weitere Vorgaben zur Bewertung der Dringlichkeit werden nicht gemacht. Zudem erfolgt wieder der Hinweis auf Art. 14 (Detailuntersuchung). Damit kann die Fracht als eines der dort aufgezählten Kriterien einen wichtigen Beitrag zur Beurteilung der Dringlichkeit liefern (konkrete Ansätze dazu vgl. Kapitel 7).

#### **Fracht in der Altlastenverordnung**

- Die Fracht ist erwähnt in Art. 14 AltIV und damit Bestandteil der Detailuntersuchung.
- Neben der Fracht sind in Art. 14 AltIV aber auch noch andere Kriterien wie Art, Lage, Menge und Konzentration der vorhandenen umweltgefährdenden Stoffe sowie der zeitliche Verlauf der Einwirkungen auf die Umwelt erwähnt, welche ebenfalls für die Beurteilung der Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung heranzuziehen sind.
- Eine mögliche Abweichung vom Sanierungsziel orientiert sich gemäss Art. 15 AltIV vor allem an den Anforderungen an die Wasserqualität und damit am Anforderungswert gemäss GSchV. Damit besteht bzgl. einer Abweichung vom Sanierungsziel bei CKW-Verschmutzungen im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> kein Handlungsspielraum (Ausnahme Vinylchlorid).
- Ausserhalb des Gewässerschutzbereiches A<sub>u</sub> besteht dagegen mehr Handlungsspielraum. Hier kann die Fracht eine zusätzliche Entscheidungshilfe bieten.
- Die Dringlichkeit einer Sanierung wird auf Grund einer Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Detailuntersuchung bewertet. **Damit ist aus altlastenrechtlicher Sicht die Frachtbetrachtung ein Kriterium für Gefährdungsabschätzungen und die Beurteilung der Dringlichkeit (neben anderen Kriterien).**

### **3.3 Fracht und Gewässerschutzverordnung (GSchV)**

Wie die AltIV verfolgt auch die GSchV das Ziel die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen zu schützen. Während es bei der AltIV aber um die Sanierung von bereits vorhandenen Belastungen geht, stehen bei der GSchV der Schutz der Gewässer und der Erhalt ihrer Nutzung im Vordergrund. Die GSchV orientiert sich somit am Prinzip der Vorsorge.

**GSchV Art. 1 Zweck und Grundsatz (Gewässerschutzverordnung, Stand am 1. Januar 2014)**

<sup>1</sup> Diese Verordnung soll ober- und unterirdische Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen schützen und deren nachhaltige Nutzung ermöglichen.

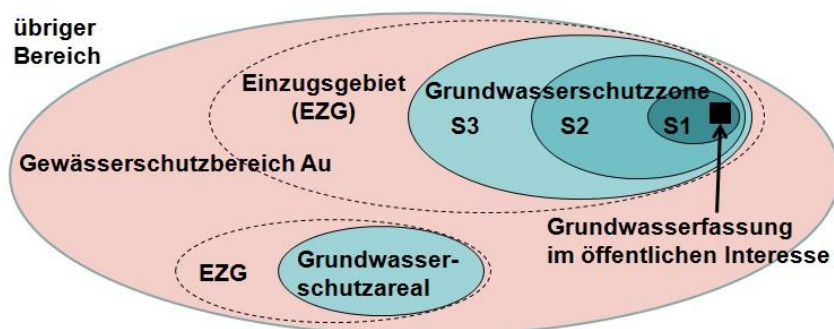
<sup>2</sup> Zu diesem Zweck müssen bei allen Massnahmen nach dieser Verordnung die ökologischen Ziele für Gewässer (Anhang 1) berücksichtigt werden.

Im Vordergrund stehen also nicht Werte für Emissionen, welche vermieden werden müssen, sondern die ökologischen Ziele und die numerischen Anforderungen für nutzbares Grundwasser. Damit hat die Fracht für die GSchV bezüglich Grundwasserschutz keine Bedeutung, für die Beurteilung der Nutzbarkeit von Grundwasser sind ausschliesslich die numerischen Anforderungen massgebend.

Die ökologischen Ziele nach Anhang 1 GSchV gelten für sämtliche Grundwasservorkommen (Gewässerschutzbereiche  $A_U$  und  $\bar{u}B$ ), unabhängig von Art und Nutzung. Es handelt sich dabei um allgemein formulierte Ziele. Zudem gilt für sämtliche unterirdischen Gewässer gemäss Anhang 2 Ziff. 21, dass die Konzentration von Schadstoffen nicht stetig zunehmen darf (Verbot einer Verschlechterung) und diese bei Exfiltration oberirdische Gewässer nicht verschmutzen dürfen.

In Anhang 2 Ziff. 22 sind zusätzliche Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, formuliert. Damit ist der Gewässerschutzbereich  $A_U$  gemeint. Diese zusätzlichen Anforderungen umfassen gemäss Ziff. 22 die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung (Toleranz- und Grenzwerte der Fremd- und Inhaltsstoff-Verordnung FIV) sowie Einzelanforderungen an bestimmte Stoffe, darunter für FHKW (flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe), mit einem Wert von 0.001 mg/l je Einzelstoff.

*Die nachfolgende Grafik zeigt die Elemente des planerischen Grundwasserschutzes. Die numerischen Anforderungen gemäss Anhang 2 Ziffer 22 GSchV gelten im Gewässerschutzbereich  $A_U$  sowie in Grundwasserschutzzonen und -arealen.*



**Abbildung 2** Elemente des planerischen Grundwasserschutzes

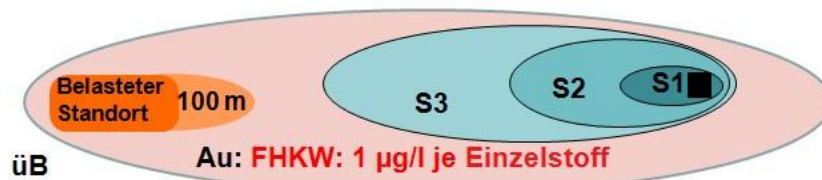
Davon ausgenommen ist der Abstrombereich von belasteten Standorten:

**GSchV Anhang 2 Ziffer 22 Absatz 2**

...Für Stoffe, die von belasteten Standorten stammen, gelten diese Anforderungen nicht im Abstrombereich, in dem der grösste Teil dieser Stoffe abgebaut oder zurückgehalten wird.

Zum Ausmass bzw. zur Länge dieser Abstromstrecke enthält die GSchV keine numerischen Angaben. Dieser Bereich kann als „Opferstrecke“ bezeichnet werden und die Ausdehnung von 100 m wurde in Analogie zu anderen Emittenten (Wärmenutzung, bauliche Eingriffe) in der Praxis der Altlastenbearbeitung übernommen.

Die Schadstoffkonzentration muss innerhalb dieser Opferstrecke den Anforderungswert erreichen.



**Abbildung 3** Die „Opferstrecke“ im Grundwasserschutz

Was passiert nun, wenn die numerischen Anforderungen gemäss Anhang 2 GSchV nicht eingehalten sind und damit eine besondere Nutzung nicht gewährleistet ist? Dies regelt Art. 47 GSchV und beschreibt das allgemein gültige Vorgehen bei verunreinigten Gewässern:

- Art und Ausmass der Verunreinigung werden ermittelt und bewertet.
- Die Ursachen der Verunreinigung werden ermittelt.
- Die Wirksamkeit möglicher Massnahmen wird beurteilt.
- Die erforderlichen Massnahmen müssen - gestützt auf die entsprechenden Vorschriften - getroffen werden.

Dies bedeutet bei belasteten Standorten in der Regel entsprechende Altlastenuntersuchungen bis hin zu einem Sanierungsprojekt.

Fazit: Der Gewässerschutz orientiert sich in erster Linie an den numerischen Anforderungen an die Gewässerqualität. Der Begriff der Fracht ist in der GSchV im Zusammenhang mit der Beurteilung dieser Schutzgüter nicht erwähnt.

#### Fracht in der Gewässerschutzverordnung

- Das Gewässerschutzrecht orientiert sich am Prinzip der Vorsorge. Es soll die nachhaltige Nutzung der Gewässer ermöglichen und es müssen dabei ökologische Ziele berücksichtigt werden.
- Für als Trinkwasser genutztes Grundwasser gelten zusätzlich numerische Anforderungen an die Wasserqualität.
- Im Gewässerschutzbereich  $A_u$  gilt die Anforderung für CKW von 0.001 mg/l je Einzelstoff.
- Wenn Verunreinigungen im Gewässer festgestellt werden, müssen ihre Ursache ermittelt und die erforderlichen Massnahmen getroffen werden. Es werden also u.U. Altlastenuntersuchungen bis hin zur Einleitung von Sanierungsmassnahmen ausgelöst.
- **Im Gewässerschutzrecht kommt der Frachtbegriff nicht vor, ausser beim Spezialfall der Einleitung von Industrieabwasser in Gewässer.**



## 4. Anwendungsbereiche von Frachtbetrachtungen

In diesem Kapitel wird die folgende Frage diskutiert:

*Welche Fragestellungen zu welchem Zeitpunkt der Altlastenbearbeitung können mit dem Einbezug einer Frachtbetrachtung gelöst werden?*

Dazu werden die im Rahmen der üblichen Altlastenpraxis auftretenden Bearbeitungsstufen hinsichtlich Nutzen und Anwendung von Frachtbetrachtungen betrachtet:

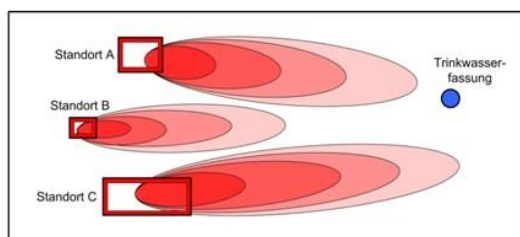
- a) Alle Bearbeitungsstufen
- b) Voruntersuchung
- c) Detailuntersuchung / Sanierungsprojekt
- d) Überwachung / Nachsorge

- **Alle Bearbeitungsstufen: Verständnis des Standortes**

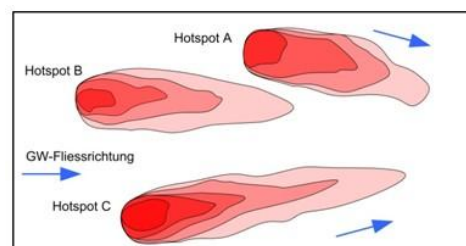
Frachtbetrachtungen sind grundsätzlich sinnvoll für das Verständnis eines belasteten Standortes, unabhängig von der Bearbeitungsstufe. Sie können zudem als Plausibilisierungskriterium für Schadstoffpotenzial, Transportmechanismen, Hydrogeologie etc. dienen. Wichtig ist die Berücksichtigung der Aussagekraft, welche mit zunehmender Datengrundlage bei jeder Bearbeitungsstufe besser wird.

- **Alle Bearbeitungsstufen: Priorisierung bei mehreren Belastungsherden**

Liegen mehrere CKW-Belastungsherde vor, welche alle zur Gesamtbelastung im Schutzgut beitragen, kann die Fracht - neben der jeweiligen CKW-Konzentration im unmittelbaren Abstrombereich der einzelnen Herde - eine entscheidende Hilfestellung bieten, welche Priorisierung der Einzelsanierungen zur besten Umweltleistung führt. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um verschiedene Standorte handelt (Abbildung links), oder um unterschiedliche Bereiche innerhalb eines Standortes (Abbildung rechts).



**Abbildung 4** Priorisierung bei verschiedenen Standorten



**Abbildung 5** Priorisierung unterschiedlicher Bereiche innerhalb eines Standortes

## Stufe Voruntersuchung: Zur „frühen“ Gefährdungsabschätzung

Gemäss AltIV Art. 7 Abs. 1 werden die im Rahmen der Voruntersuchung ermittelten Daten im Hinblick auf die Gefährdung der Umwelt bewertet. Somit handelt es sich um eine „frühe“ Gefährdungsabschätzung. Da die Datenlage im Rahmen der Technischen Untersuchung in der Regel aber noch nicht sehr umfassend ist, muss die Aussagekraft der Frachtbetrachtung zu diesem Zeitpunkt relativiert werden. Eine Fehlerbetrachtung ist durchzuführen.

- **Stufe Detailuntersuchung / Sanierungsprojekt: Einbezug in Gefährdungsabschätzung und Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung**

Die Fracht einzig in Art. 14 Abs. 1 lit. b explizit erwähnt ist. Sie ist aber nur eines von mehreren Kriterien, welche in Art. 14 aufgezählt werden und in eine Gefährdungsabschätzung einfließen (Art, Lage, Menge, Konzentration, zeitlicher Verlauf der tatsächlichen und möglichen Einwirkungen, Lage und Bedeutung der gefährdeten Umweltbereiche).

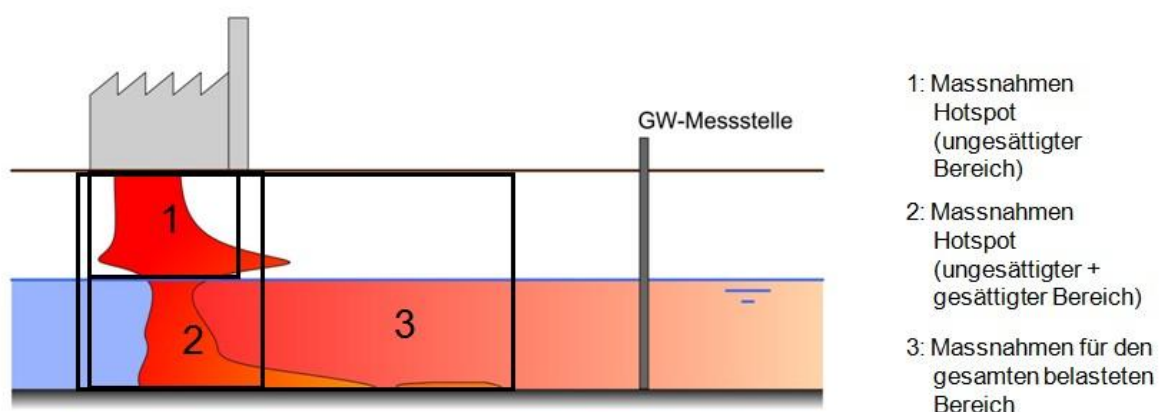
Aus Art. 14 in Verbindung mit Art. 15 führt die Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Detailuntersuchung zur Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung.

**→ Die Beurteilung der Dringlichkeit kann damit als einer der Hauptanwendungsbereiche von Frachtbetrachtungen angesehen werden.**

(Für einen möglichen Lösungsansatz hierzu vgl. Kapitel 7)

- **Stufe Detailuntersuchung / Sanierungsprojekt: Festlegung der erforderlichen Massnahmen**

Gemäss Art. 17 AltIV beschreibt das Sanierungsprojekt die Auswirkungen der vorgesehenen Massnahmen auf die Umwelt. Beim Variantenstudium möglicher Massnahmen können die Auswirkungen einzelner Sanierungsmassnahmen auf die Frachtemissionen neben den Konzentrationswerten eine wichtige Hilfestellung zur Entscheidungsfindung bieten.



**Abbildung 6** Beispiel für die Betrachtung verschiedener Massnahmenbereiche



- **Stufe Detailuntersuchung / Sanierungsprojekt: Anpassung der Sanierungsziele**

Wie bereits in Kap. 3 gezeigt wurde, richtet sich das Sanierungsziel primär nach dem Konzentrationswert. Ausserdem ist im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> auf Grund der Vorgaben der GSchV bei CKW-Belastungen eine Anpassung des Sanierungsziels kaum möglich. Die Fracht spielt hier also keine Rolle.

Dagegen ist gemäss Art. 15 AltIV im Gewässerschutzbereich üB eine Abweichung vom Sanierungsziel eher möglich, da aus der GSchV hierfür keine so strengen Anforderungen vorliegen. Wenn schon im Voraus (also VOR der Durchführung von Sanierungsmassnahmen) zu erwarten ist, dass die Beseitigung des Sanierungsbedarfs gemäss AltIV nicht erreicht werden kann, ist eine Anpassung des Konzentrationswertes als Sanierungszielwert möglich. Dies wird zudem von der Behörde gemäss Art. 18 Abs. 1 lit. e AltIV geprüft. Hierzu kann die Fracht eine Hilfestellung bieten.

- **Stufe Überwachung / Nachsorge: Bewertung des Sanierungserfolges**

Massgebend für die Beurteilung des Sanierungserfolges sind die Konzentrationswerte gemäss Anhang 1 AltIV. Neben diesen ist aber die Fracht eines der wichtigsten messbaren Erfolgskriterien.

- **Stufe Überwachung / Nachsorge: Anpassung Sanierungsziel**

Wenn nach Durchführung von Sanierungsmassnahmen das angestrebte Sanierungsziel nicht erreicht wurde, wird in aller Regel eine Anpassung des Sanierungsziels diskutiert. Dabei gelten die gleichen Überlegungen wie auf Stufe Detailuntersuchung (siehe oben, Art. 15 AltIV). Die Fracht kann hier Hilfestellung bei der Beurteilung weiterer möglicher Massnahmen bieten.

- **Stufe Überwachung / Nachsorge: Bewertung Sanierungsunterbruch**

Bei Nichterreichen des Sanierungsziels ist der Sanierungsunterbruch die „extreme Variante“ der Anpassung des Sanierungsziels. Obwohl auch hier wieder die Konzentrationswerte im Vordergrund stehen, kann eine Frachtbetrachtung eine Entscheidungshilfe bieten (beispielsweise wenn die Dringlichkeit jetzt anders beurteilt wird als vor der Durchführung von Sanierungsmassnahmen).

### **Zusammenfassung Anwendungsbereiche der Fracht**

- Gemäss AltIV ist die Fracht für die Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung auf Stufe Detailuntersuchung heranzuziehen.
- Eine Frachtbetrachtung trägt immer zum Verständnis des Standorts bei. Prinzipiell können Frachtbetrachtungen deshalb auf allen Bearbeitungsstufen durchgeführt werden. Die Aussagekraft hängt von der jeweiligen Datenlage ab und ist durch eine Fehlerbetrachtung zu untermauern.
- Für Gefährdungsabschätzungen ist die Fracht ein wichtiges Kriterium (neben anderen Kriterien).
- Für die Priorisierung bei Vorliegen mehrerer Standorte oder Bereiche kann die Fracht ein entscheidendes Kriterium sein.
- Als Hilfsmittel dient die Fracht bei der Festlegung von Sanierungsmassnahmen, bei der Anpassung von Sanierungszielen, bei der Bewertung eines Sanierungsunterbruchs und bei der Bewertung des Sanierungserfolges.

## 5. Anforderungen an die Datenerhebung

*Vorbemerkung: Im Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 6 „Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser“ des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 2008, sind detaillierte Informationen zur Frachtbestimmung enthalten. Diese Informationen wurden von der Arbeitsgruppe Fracht als Grundlage für die nachfolgenden Diskussionen genutzt. Es wird daher auch auf das oben genannte Handbuch Altlasten verwiesen („Arbeitshilfe Hessen“).*

*[www.hlug.de/vertrieb/schrift/schriftenreihen/handbuch-altlasten.html](http://www.hlug.de/vertrieb/schrift/schriftenreihen/handbuch-altlasten.html)*

*Die Verweise auf die Arbeitshilfe Hessen beziehen sich **ausschliesslich auf die technischen Aspekte und Beprobungsstrategien**. Die Bewertung der erhaltenen Ergebnisse wird dagegen nicht betrachtet, da in Deutschland die altlastenrechtliche Beurteilung nach anderen Ansätzen erfolgt, als dies durch die schweizerische Altlastenverordnung geregelt ist (vgl. dazu auch Kapitel 7.1).*

Bei der Planung der Frachtbestimmung stellen sich in der Regel drei wesentliche Fragen:

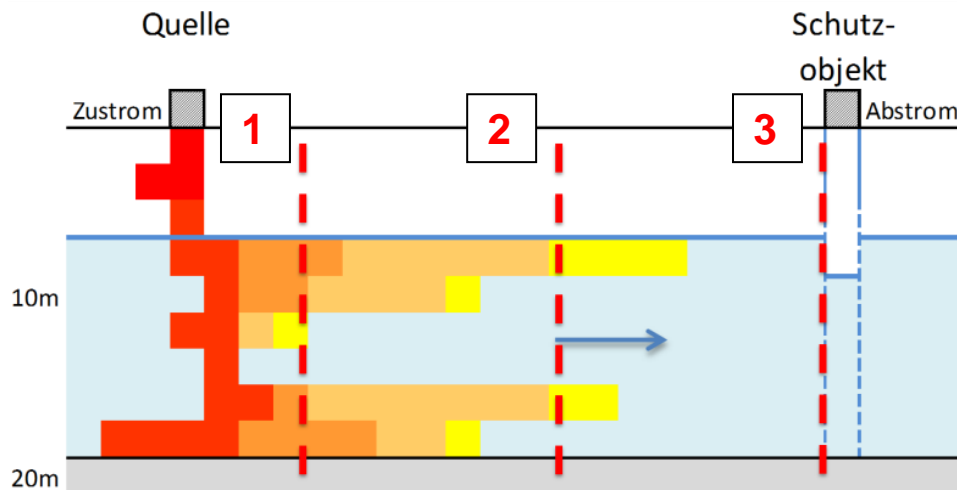
- Wo wird die Fracht bestimmt?  
(Lage des Kontrollquerschnittes)
- Welche Messparameter sind notwendig?  
(Was ist bekannt, was muss ermittelt werden)
- Welche Beprobungsstrategie ist sinnvoll?  
(Mit welchem Aufwand ist welche Aussagekraft möglich)

Die Antworten auf diese drei Fragen orientieren sich im Wesentlichen am Ziel der Frachtbetrachtung (Anwendungsbereich gemäss Kap. 4) und bestimmen den Untersuchungsaufwand und damit auch die Kosten.

### 5.1 Lage des Fahnenquerschnittes (Kontrollquerschnittes)

Die Lage des Fahnenquerschnittes ist abhängig von der Fragestellung. Nach Kapitel 4 ist eine der wesentlichen Anwendungsbereiche die Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung. Damit ist zu bewerten, welche Fracht vom Standort emittiert. Der unmittelbare Abstrombereich mit seiner Informationsdichte repräsentiert diese Frachtemission am besten.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Ausbreitung der CKW bzw. der messbaren Konzentrationswerte im gesättigten Bereich dargestellt. Schwerpunktmässig ist der Fahnenquerschnitt bei [1] zu setzen. Je nach Fragestellung kann er aber auch bei [2] oder [3] (Betrachtung der Immissionen einer Fassung) gelegt werden.

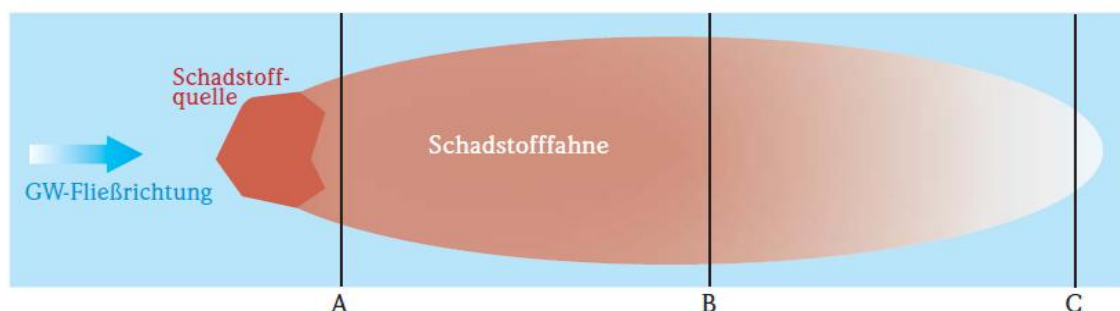


**Abbildung 7** Ausbreitung der Schadstoffkonzentrationen im gesättigten Bereich

Mit zunehmender Distanz besteht allerdings die Gefahr, dass wegen Verdünnung die Unsicherheit der Messungen zunimmt, bis hin zum „Verschwinden der Fracht“, wenn auf Grund der Nachweisgrenze keine CKW-Konzentrationen mehr gemessen werden.

Für eine Beurteilung von Abbauprozessen und/oder Rückhalteprozessen muss die erweiterte Schadstofffahne betrachtet werden. Hierzu ist ein grösserer Abstand des Fahnenquerschnittes zum Standort sinnvoll. Häufig werden sogar mehrere geometrische Querschnitte (sogenannte Transekten) quer zur Fließrichtung ausgelegt.

Die nachfolgende Abbildung aus der Arbeitshilfe Hessen verdeutlicht dies an Hand der 3 Transekten A, B und C.



**Abbildung 8** Darstellung von Transekten (Quelle: Handbuch Altlasten, Bundesland Hessen)

#### Lage des Fahnenquerschnittes

- Mit der Lage des Fahnenquerschnitts im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes wird die Frachtemission bezogen auf den Standort am besten repräsentiert. Für die Mehrheit der Anwendungsbereiche ist diese Betrachtung sinnvoll.
- Zur Beurteilung von Abbau- und Rückhalteprozessen sowie zur Diskussion der Immission (z.B. auf GW-Fassungen etc.) muss zur Erfassung der Schadstofffahne die Fracht in verschiedenen Abständen zum Standort bestimmt werden.

## 5.2 Erforderliche Parameter

Gemäss Kapitel 2 ist die Fracht definiert als die mit dem Grundwasser vom Standort abströmende Menge CKW pro Zeiteinheit.

Oder anders ausgedrückt durch die Gleichung:

$$\text{Fracht} = Q \cdot c$$

$Q = \text{Durchflussrate [m}^3/\text{s]}$   
 $c = \text{Konzentration [g/m}^3\text{]}$

Die Durchflussrate  $Q$  wiederum wird aus der Darcy-Gleichung bestimmt. Dafür wird der Fahnenquerschnitt benötigt:

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$K = \text{Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]} \text{ (oder hydraulische Leitfähigkeit)}$   
 $i = \text{Gefälle [-]} \text{ (oder hydraulischer Gradient)}$   
 $A = \text{Querschnittsfläche [m}^2\text{]}$

Mit diesen beiden Gleichungen ergibt sich die Bestimmung der Fracht aus den folgenden Parametern:

$$\text{Fracht} = K \cdot i \cdot A \cdot c$$

### ***Durchlässigkeitsbeiwert $K$***

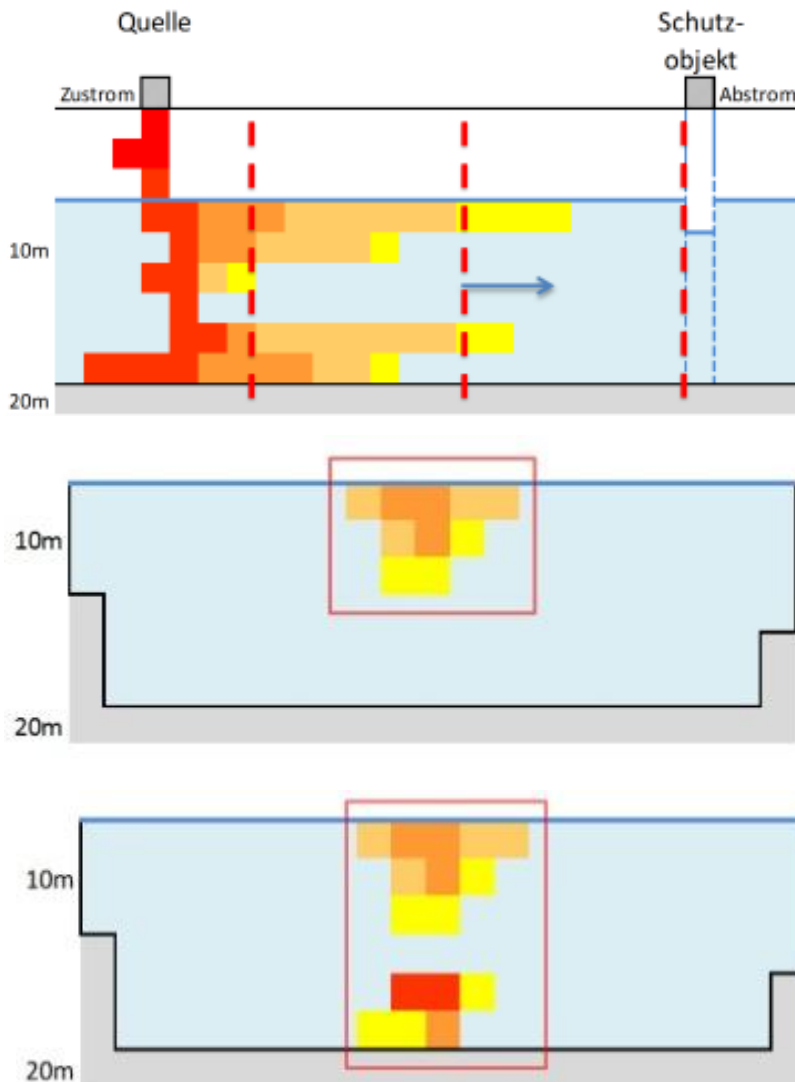
Der Durchlässigkeitsbeiwert  $K$  ist im heterogenen schweizerischen Untergrund sehr variabel (oft mehrere Zehnerpotenzen), die genaue Bestimmung ist mit sehr grossem Aufwand verbunden. Deshalb werden entweder typische Werte aus der Fachliteratur eingesetzt (Tabellen „Durchlässigkeitsbeiwerte für Lockergesteine“), oder es erfolgt eine Bestimmung mittels klassischer Durchlässigkeitsversuche (Pumpversuche, Steig- oder Absenkversuche etc.). Vorzugsweise sollte der Durchlässigkeitsbeiwert über Pumpversuche ermittelt werden, da in diesem Fall ein Mittelwert gewonnen wird, der die tatsächlichen Verhältnisse in der Umgebung der Filterstrecke einer Messstelle repräsentiert. Ausserdem kann die Durchlässigkeit über weitere Versuche (Diagraphien, Flowmeter etc.) abgeschätzt werden. (siehe auch: [http://books.google.ch/books/about/Quantitative\\_Erkundung\\_von\\_Lockergestein.html?id=QkUxGwAACAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.ch/books/about/Quantitative_Erkundung_von_Lockergestein.html?id=QkUxGwAACAAJ&redir_esc=y))

### ***Gefälle $i$***

Das Gefälle  $i$  bezeichnet das Gefälle des Grundwasserspiegels im Bereich des geometrischen Querschnittes und wird mittels Messungen des hydraulischen Potentials bestimmt (im Dreieck angeordnete Piezometer). Ausserdem können Druckmessdosen zum Einsatz kommen. In komplexen Fällen (mehrstöckiges Grundwasser) sind die Verhältnisse in den einzelnen schadstoffführenden Schichten separat zu bestimmen.

### ***Querschnittsfläche $A$ (Fahnenquerschnitt)***

Lage und Ausdehnung der Querschnittsfläche können die Aussagekraft der Frachtbestimmung wesentlich beeinflussen. Generell ist die Querschnittsfläche der Ausdehnung der Schadstofffahne anzupassen.



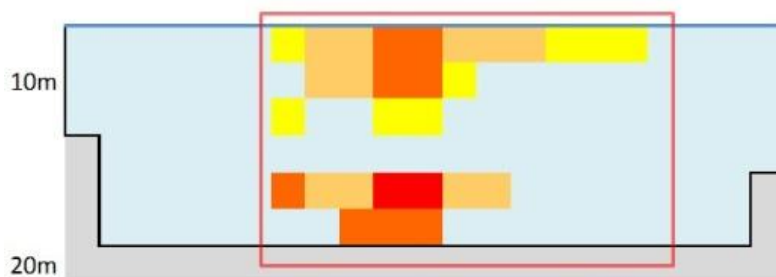
**Abbildung 9** Querschnittsflächen bei ein resp. zwei schadstoffführenden Schichten

**Oben:** Typische CKW-Ausdehnung mit Schnitt entlang der Fliessrichtung

**Mitte:** Querschnittsfläche bei einer schadstoffführenden Schicht;

**Unten:** Querschnittsfläche bei zwei schadstoffführenden Schichten

Bei grossflächigeren Ausdehnungsmustern ist eine Ausweitung der Querschnittsfläche erforderlich.



**Abbildung 10** Ausdehnung mit einer grossen Querschnittsfläche

### **Konzentration $c$**

Zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration wird auf die BAFU-Vollzugshilfe Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten<sup>2</sup> verwiesen.

#### **Hinweise zur Bestimmung der erforderlichen Parameter**

- Der Aufwand zur Bestimmung der Parameter ist abhängig vom Ziel der Frachtbetrachtung bzw. von der gewünschten Aussagekraft.
- Bei einer Hochrechnung auf eine Jahresfracht sind die saisonalen Schwankungen für alle Parameter zu berücksichtigen (z.B. Hochwasser vs. Niedrigwasser).
- Für jeden der Parameter muss eine Fehlerbetrachtung durchgeführt werden. Die resultierende Gesamtunsicherheit bestimmt die Aussagekraft der Frachtabschätzung.

### **5.3 Beprobungsstrategie**

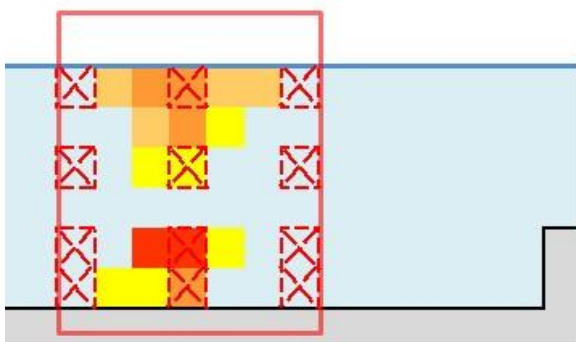
Für die Bestimmung der möglichst exakten Gesamtfracht muss eine äusserst dichte Erfassung über den gesamten geometrischen Querschnitt erfolgen. Dies ist in aller Regel mit verhältnismässigem Aufwand nicht möglich.

Für eine verhältnismässige Bestimmung der Gesamtfracht gibt es in der Praxis zwei Ansätze:

- Punktuelle Frachtbestimmung
- Zuflussgewichtete Frachtbestimmung

#### **5.3.1 Punktuelle Frachtbestimmung**

Die Parameter  $K$ ,  $i$ ,  $c$  werden an mehreren Stellen innerhalb des Querschnittes durch tiefenzonierete Einzel-Beprobungen/Messungen ermittelt (Beprobung an mehreren Lokalitäten in verschiedenen Tiefenlagen) und die Fracht bezogen auf jede dieser Messstellen bestimmt. Die Gesamtfracht wird dann durch Aufsummierung von Teilflächen des Fahnenquerschnittes oder durch eine flächenbezogene Interpolation erhalten (siehe Kap. 5.4).



**Abbildung 11** Messstellenverteilung bei punktueller Frachtbestimmung (Ansicht Querschnitt)

<sup>2</sup> Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten, Bundesamt für Umwelt, BAFU, 2003

Hierzu ist entweder eine grössere Anzahl Piezometer erforderlich, oder es werden tiefenorientierte **Multilevel-Piezometer** eingesetzt.

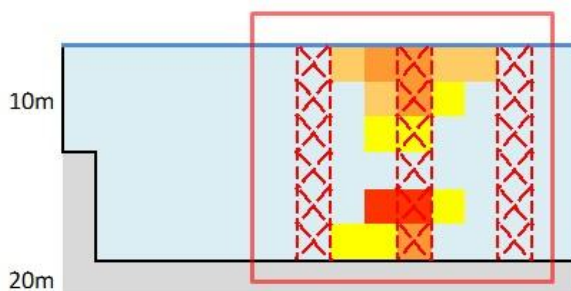
#### ***Vor- und Nachteile einer punktuellen Bestimmung mit Multilevel-Piezometer***

- + Information über die Schadstoffverteilung
- + keine Kurzschlüsse
- erhöhter Aufwand durch Einzelbestimmungen
- Vorkenntnisse der lokalen Situation notwendig

#### **5.3.2 Zuflussgewichtete Frachtbestimmung**

Hier werden Teilfrachten vertikal und/oder horizontal bestimmt (Beprobung an mehreren Lokalitäten über die gesamte Tiefe). Dafür werden **vollverfilterte Piezometer** eingesetzt. Die entnommenen Proben stellen im Idealfall einen zuflussgewichteten Mischwert dar. Pro Messstelle werden somit direkt Teilfrachten bestimmt, die dann auf den gesamten Kontrollquerschnitt interpoliert werden können.

##### **a) Vertikale Frachtbestimmung**



**Abbildung 12** Messstellenverteilung bei gewichtetem Ansatz mit vertikaler Bestimmung

#### ***Vor- und Nachteile einer vertikalen Bestimmung mit vollverfilterten Piezometern***

- + angemessener Aufwand
- + Genauigkeit
- keine Informationen über Gefälle
- Kurzschluss-Risiko
- keine Information über vertikale Schadstoffverteilung

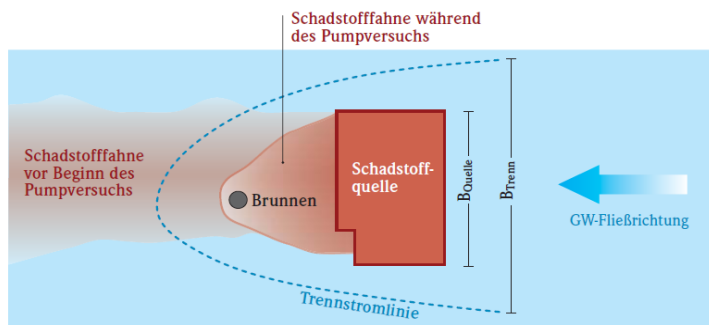
##### **b) Vertikale und horizontale Frachtbestimmung: Immissionspumpversuche**

Der Immissionspumpversuch ist ein Spezialfall der gewichteten Frachtbestimmung und beinhaltet sowohl die vertikale als auch die horizontale Komponente. Dabei wird mit einem vollverfilterten Piezometer (oder allenfalls einigen wenigen) und entsprechenden geeigneten



Pumpversuchen die gesamte Breite der Fahne erfasst. Deswegen ist im Gegensatz zu den anderen Modellen keine Integration bzw. Interpolation erforderlich.

Für detaillierte Hinweise wird auf die Arbeitshilfe Hessen verwiesen.



**Abbildung 13** Visualisierung eines Immissionspumpversuchs (Quelle: Arbeitshilfe Hessen)

### ***Vor- und Nachteile von Immissionspumpversuchen***

- + Gutes Verhältnis Genauigkeit/Aufwand
- Nicht stationäre Verhältnisse
- Kurzschluss-Risiko

### 5.3.3 Übersicht Zusammenspiel von Beprobungsstrategie und Beprobungsart

		Horizontal	
		Punktuell (kurze Pumpdauer)	Gewichtet (lange Pumpdauer)
Vertikal	Punktuell	Mehrere Piezometer Multilevel	-
	Gewichtet	Mehrere vollverfilterte Piezometer (1D)	1 oder wenige vollverfilterte Piezometer (2D)

**Abbildung 14** Darstellung des Zusammenspiels von Beprobungsstrategie und Beprobungsart

Bemerkung: der Zusatz 1D und 2D weist auf die eindimensionale bzw. beim Immissionspumpversuch zweidimensionale Betrachtungsweise hin.

### 5.4 Auswertung und Interpolation der Messergebnisse

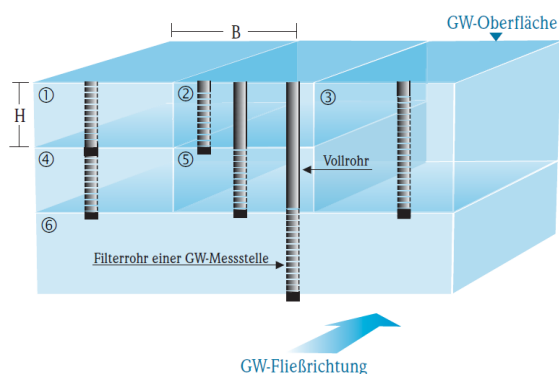
Zur Interpolation der Messergebnisse stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung

- Stromröhren-Modell
- Transsekten-Modell

Beim Immissionspumpversuch ist wie bereits erwähnt keine Interpolation erforderlich.

#### **Stromröhren-Modell**

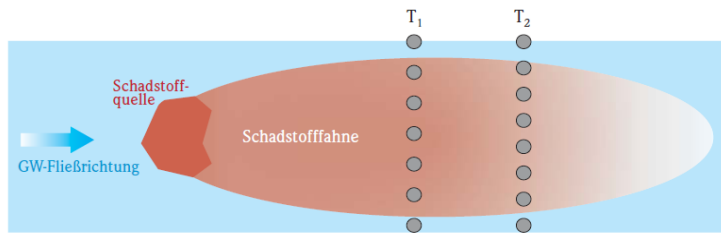
Das Stromröhren-Modell wird meist zur Interpolation der Ergebnisse aus der punktuellen Frachtbestimmung angewendet. Dazu wird die Schadstofffahne in verschiedene Bereiche (Stromröhren) unterteilt und die Berechnung der Fracht für jede Stromröhre getrennt durchgeführt. Anschliessend werden die Frachten addiert.



**Abbildung 15** Visualisierung des Stromröhren-Modells (Quelle: Arbeitshilfe Hessen)

### Transsekten-Modell

Das Transsekten-Modell kommt zum Einsatz bei der Interpolation der Ergebnisse aus der gewichteten Frachtbestimmung mittels vollverfilterten Piezometern. Hier wird die Gesamtfracht berechnet durch Interpolation zwischen den einzelnen Messpunkten.



**Abbildung 16** Visualisierung des Transsekten-Modells (Quelle: Arbeitshilfe Hessen)

### 5.5 Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung

Im Normalfall wird für Frachtabschätzungen zur Vereinfachung ein stationärer Zustand der Schadstofffahne angenommen.

Zur Beschreibung der Dynamik der Fahne (expandierend, stationär oder schrumpfend) reicht eine einzige Grundwasseruntersuchung nicht aus. Bestehen Anzeichen, dass dies der Fall ist (z.B. expandierende oder schrumpfende Fahne), muss die zeitliche Entwicklung der Schadstofffreisetzung über einen längeren Zeitraum ermittelt werden.

### 5.6 Fehlerbetrachtung

Frachtabschätzungen sind in der Regel mit hohen Unsicherheiten verbunden, insbesondere bei heterogenen Verhältnissen im Grundwasserleiter (präferenzielle Fließwege, Bereiche mit stark abweichenden Konzentrationen), Abschätzung statt Messung der Durchlässigkeitsbeiwerte und des Grundwassergefälles, geschätzte weitere Eingangsparameter bei Anwendung numerischer Modelle, usw. Dies gilt sowohl für die oben genannten einfacheren Modelle als auch für numerische Stofftransportmodelle. Daher ist für alle ermittelten Parameter eine separate Fehlerbetrachtung durchzuführen und die Fehlerfortpflanzung in Bezug auf das Gesamtergebnis zu berücksichtigen.

Prinzipiell wird die höchste Genauigkeit mit dem Immissionspumpversuch erreicht, da die gesamte Schadstofffahne erfasst wird. Beim Stromröhrenmodell und der Transekten-Methode hängt die erzielbare Genauigkeit von der Anzahl der Grundwassermessstellen ab.

Bei der Ermittlung von Schadstofffrachten ist stets zu diskutieren, welche Sicherheit die Aussagen haben.

## 5.7 Zusammenfassung Beprobungsstrategie

Wie vorstehend gezeigt, gibt es verschiedene Beprobungsstrategien mit unterschiedlichem Aufwand. Jede Beprobungsstrategie hat ihre speziellen Stärken und Schwächen. Eine eindeutige Empfehlung kann an dieser Stelle nicht abgegeben werden. Vielmehr hängt das jeweils zu wählende Vorgehen ab von:

- der Zielsetzung (in Abhängigkeit der Altlastenbearbeitungsphase)
- der geforderten Genauigkeit (Fehlerbetrachtung)
- den hydrogeologischen Verhältnissen (Heterogenität des Untergrundes)

Damit ergibt sich folgendes Zusammenspiel, welches eine Unterstützung bei der Auswahl der geeigneten Beprobungsstrategie bieten kann:

Stufe Altlastenbearbeitung	Hydrogeologie		Abstand zum Standort	
	Ziemlich homogen	Heterogen	Unmittelbarer Abstrom	Im weiteren Abstrom
Voruntersuchung	Gewichtet 1D	Gewichtet 1D / abschnittsweise	Gewichtet 1D / abschnittsweise	Gewichtet 1D
Detailuntersuchung	Gewichtet 2D	Multilevel	Gewichtet 2D / Multilevel	Gewichtet 1D
Weitergehende Untersuchungen	Gewichtet 2D	Multilevel	Gewichtet 2D / Multilevel	Gewichtet 1D

**Abbildung 17** Darstellung des Zusammenspiels bei der Auswahl der Beprobungsstrategie

### Fazit Beprobungsstrategie

- Die Beprobungsstrategie ist auf die Zielsetzung sowie auf die lokalen Verhältnisse anzupassen.

## 6. Frachtmodelle

### **Hinweis**

*Eine ausführliche Betrachtung der Möglichkeiten zur Berechnung von Frachten findet sich im **Anhang „Charge – Transfert de masse en solution – Modélisation du transfert de masse en solution“** von Prof. Dr. Yvan Rossier, HydroGeAp S.à.r.l., Januar 2014. Nachfolgend wird eine kurze Zusammenfassung gegeben.*

Die Bestimmung, Betrachtung und Prognose der Fracht kann mittels einfacher Abschätzungen über Bilanzierungszellen bis hin zu komplexen Modellierungen erfolgen. Wesentlich ist die Berücksichtigung der Datengrundlage mit den entsprechenden Fehlerbetrachtungen. Einfache Abschätzungen sowie Bilanzierungszellen basieren auf den dazu erforderlichen Parametern, welche bereits in Kapitel 5 diskutiert wurden (Konzentration, Durchlässigkeitsbeiwert, Gefälle etc.). Mit Modellierungen werden dagegen Gesamtsysteme dargestellt, welche zum Standortverständnis beitragen sowie Prognosen zulassen.

Bei Modellierungen werden physikalische Phänomene durch partielle Differenzialgleichungen dargestellt. So sind beispielsweise mit der Konvektions-Diffusions-Gleichung die Konvektion, molekulare Diffusion, kinematische Dispersion, Abbau und Adsorption erfasst. Dazu müssen Abflusssysteme, die Verschmutzungsfahne sowie Massenbilanzen möglichst detailliert erfasst werden. Die Massenbilanzen wiederum enthalten die Fracht im Zustrom sowie allen möglichen Abstrombereichen. Somit ist die Fracht ein wichtiger Bestandteil der Modellierung.

Voraussetzung für eine Modellierung ist eine umfassende hydrogeologische Erfassung des gesamten Betrachtungsbereiches. Dazu ist meistens eine grosse Anzahl an Sondierungen erforderlich. Bezüglich der Abflusswege, welche alle erfasst werden sollten, besteht in der Regel die grösste Unsicherheit.

Die Resultate der Modellierungen können zwei- oder dreidimensional dargestellt werden. Dazu muss die jeweils geeignete Software eingesetzt werden.

Der wesentliche Nutzen einer Modellierung besteht in der Vorhersage der Schadstoffentwicklung. Damit können wichtige Aussagen über erforderliche Massnahmen und zu erwartende Belastungsmuster gemacht werden. Der hohe Aufwand muss aber in Relation zur Bedeutung des Resultates stehen. In aller Regel sind Modellierungen mit entsprechender Datengrundlage nur bei sehr wichtigen Schutzgütern (z.B. Fassungen von regionaler Bedeutung etc.) gerechtfertigt. Eine Aufwand-Nutzen-Analyse sollte daher immer am Anfang stehen.

## 7. Lösungsansatz zur Bewertung der Frachtaberschätzung

*Nachfolgend wird ein möglicher Bewertungsansatz für Frachtbetrachtungen vorgestellt, mit dem Ziel, zu einer Bewertung der Sanierungs-Dringlichkeit zu gelangen.*

### 7.1 Vergleich der Frachtanwendung im Ausland

Ein Bezug der Fracht als Hilfsmittel bei Altlastenbearbeitungen wird in einigen europäischen Ländern durchgeführt. Nachfolgend wird kurz diskutiert, ob diese Anwendungen auf die schweizerischen Verhältnisse übertragbar sind.

In Deutschland werden Standortklassierung und Sanierungsziel mit einer Kombination von Konzentrations- und Frachtwerten beurteilt. Dies bedingt, dass es neben den Konzentrationswerten auch Richt- bzw. Grenzwerte für die Fracht gibt. Wie in Kapitel 3 diskutiert, ist dies in der AltIV nicht vorgesehen.

Dagegen werden z.B. in Frankreich die Sanierungsziele immissionsgerichtet aufgestellt. D.h. nicht die Emission des Standortes, sondern dessen Einfluss auf das Schutzgut (primär Trinkwasserfassungen) steht im Vordergrund. Der Betrachtungspunkt liegt damit nicht beim Standort selber. Die Fracht dient dabei nur indirekt als Mittel zur Abschätzung der Einwirkungen auf das Schutzgut (z.B. Ermittlung des durch den Standort verursachten Konzentrationsanstiegs in den Fassungen mittels hydrogeologischer Modellierung).

Beide Anwendungen sind insofern problematisch, da sie einerseits eine gewisse hydrogeologische Homogenität des Untergrundes und einen grossen Wissensstand über den ganzen Grundwasserleiter voraussetzen. Andererseits wird dabei die relativ unsichere Frachtbestimmung auf die gleiche Stufe gestellt wie die deutlich genauere Bestimmung der Konzentration im unmittelbaren Abstrom des Standortes.

#### **Fazit:**

Beide Arten der Frachtanwendung sind nicht direkt auf die mehrheitlich heterogenen schweizerischen Verhältnisse / Anforderungen übertragbar. Sie stehen ausserdem nicht im Einklang mit den Vorgaben von AltIV und GSchV, welche für die Tätigkeit der Fachgruppe als gegeben zu betrachten sind.

*Hinweis: Eine detailliertere Betrachtung hierzu findet sich im Anhang 2.*

### 7.2 Vorgaben für einen Lösungsansatz

In Kapitel 3.2. wurde festgehalten:

*„Die Dringlichkeit einer Sanierung wird auf Grund einer Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Detailuntersuchung bewertet. Damit ist aus altlastenrechtlicher Sicht die Frachtbetrachtung vor allem ein Kriterium für Gefährdungsabschätzungen und die Beurteilung der Dringlichkeit (neben anderen Kriterien).“*

Eine wesentliche Voraussetzung für den Lösungsansatz ist, dass die Fracht nur **eine** von verschiedenen Grössen für Gefährdungsabschätzungen und damit für die Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung ist. So kann zum Beispiel eine ermittelte Fracht von 0.5 kg/a je nach den lokalen Verhältnissen entweder unbedeutend oder relevant sein.

Neben der Fracht sind daher im Lösungsansatz auch **weitere Faktoren** zu berücksichtigen.

Der Lösungsansatz soll nicht zu einer strikten Klassierung führen, sondern eine **Grobeinstufung** erlauben. Er soll weiterhin einen gewissen **Spielraum für Einzelbeurteilungen** bieten.

Die Basis für diese Grobeinstufung kann daher keine ökotoxikologische Herleitung sein, sondern muss über einen **empirischen Vergleich** von Einzelfällen erfolgen.

### **Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Lösungsansatzes**

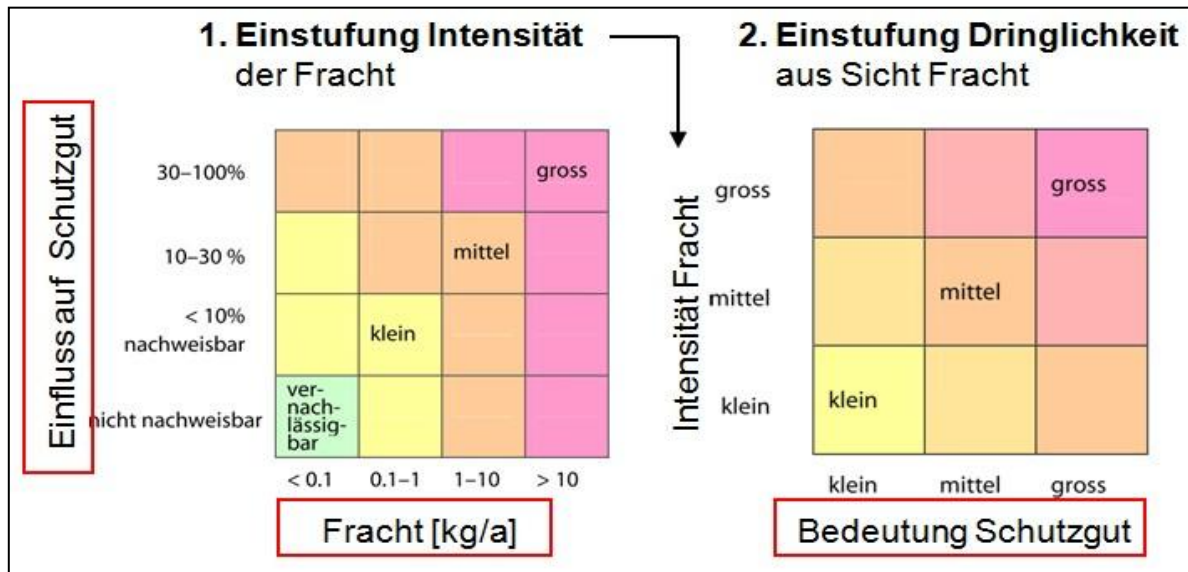
Der Lösungsansatz kann nur angewendet werden, wenn die folgenden Voraussetzungen kumulativ erfüllt sind.

- Die Datengrundlage muss eine ausreichende Qualität aufweisen:
  - Die Berechnungsgrundlagen (Rohdaten) müssen vorhanden und plausibel sein.
  - Die zugehörige Fehlerbetrachtung muss plausibel sein und der Fehler darf das Raster der Grobeinstufung nicht überschreiten.
- Die Schadstofffahne darf nicht expandieren, d.h. sie muss stationär oder am Ausklingen sein (meistens der Fall).
- Der Lösungsansatz gilt für den Schadstoff aus der Schadstoffquelle (z.B. PER oder Tri). Abbauprodukte werden nicht betrachtet. Wenn diese in relevanter Menge vorkommen, muss für diese eine separate Betrachtung durchgeführt werden.
- Die Nutzbarkeit von Trinkwasserfassungen im Abstrombereich (aktuell oder geplant) muss immer gewährleistet sein. Ansonsten sind ohnehin immer weitere Massnahmen erforderlich (beim Standort, im ganzen Grundwasserleiter oder bei der Fassung).

### **7.3 Bewertungsmodell**

Das Bewertungsmodell für die Dringlichkeit einer Sanierung besteht aus einer zweistufigen Bewertung:

1. Aus der Frachtab schätzung sowie einer Abschätzung von deren Einfluss auf das Schutzgut wird die sogenannte „Intensität der Fracht“ ermittelt.
2. Aus der Kombination der Frachtintensität mit der Bedeutung des Schutzgutes ergibt sich die Grobeinstufung für die Dringlichkeit einer Sanierung aus Sicht Fracht.



**Abbildung 18** Darstellung des zweistufigen Bewertungsmodells für die Dringlichkeit einer Sanierung in Bezug auf die Fracht

Nachfolgend werden die einzelnen Kriterien kurz erläutert.

### Kriterium «Fracht»

Die Herleitung des Kriteriums «Fracht» und deren Unsicherheiten werden in den vorangehenden Kapiteln eingehend erläutert. Da die Sanierungsziele standortbezogen definiert werden, ist die Fracht im Abstrombereich unmittelbar beim Standort massgebend.

Es wird eine Einteilung in die 4 Grössenordnungen „<0.1 / 0.1-1 / 1-10 / >10“ kg/a vorgeschlagen. Diese Einteilung wird als zweckdienlich für die Summe der typischen CKW-Einsatzstoffe PER, Trichlorethen und 1,1,1-Trichlorethan angesehen (und sollte damit für den Grossteil der CKW-Standorte gelten). Bei anderen toxisch relevanten Stoffen (z.B. Vinylchlorid) ist eine andere Differenzierung gemäss der entsprechenden Schadstoffrelevanz erforderlich.

Die Grössenordnungen sollen der üblichen Bestimmungsungenauigkeit der Fracht im Rahmen von Detailuntersuchungen Rechnung tragen. Wenn der abgeschätzte Fehler der Fracht über diese Grössenordnungen hinausgeht, ist die Datengrundlage nicht ausreichend für diesen Lösungsansatz.

### Kriterium «Einfluss auf das Schutzgut»

Das Kriterium «Einfluss auf das Schutzgut» beschreibt den Anteil der vom Standort stammenden Belastung bezogen auf die gesamte Belastung im relevanten Schutzgut. Die Belastung kann dabei als Fracht und/oder Konzentration ausgedrückt werden.



Das zu betrachtende Schutzgut und der Betrachtungspunkt können dabei variabel sein. Dies kann beispielsweise ein definierter Kontrollquerschnitt innerhalb des betroffenen Grundwasserleiters oder eine Trinkwasserfassung im weiteren Abstrombereich sein. Denkbar ist z.B. auch eine Betrachtung eines Oberflächengewässers, in welches das belastete Grundwasser exfiltriert. Bei verschiedenen Betrachtungspunkten ist der ungünstigste Fall für die Gesamtbewertung massgebend.

Das Kriterium „Einfluss auf das Schutzgut“ ist eine schwierig bestimmbare Grösse. Eine detaillierte Ermittlung würde meist einen grossen Bohrdatensatz, Modellierungen, Färbeversuche und/oder Isotopenanalysen etc. erfordern. In der Regel erlauben aber grobe Abschätzungen basierend auf den vorhandenen Kenntnissen durchaus eine grobe Einstufung in folgende Kategorien:

- **Einfluss nicht nachweisbar**
- **< 10% (noch nachweisbar aber sehr untergeordnet)**
- **10%-30% (untergeordnet)**
- **30%-100% (signifikant bis überwiegend)**

Die Bewertung dieses Kriteriums basiert auf folgenden Überlegungen. Wenn der zu betrachtende Standort der einzige ist, welcher in das Schutzgut emittiert, ist sein Einfluss 100%. Er ist damit allein verantwortlich für die allenfalls vorhandene Gefährdung des Schutzguts. Eine Sanierung dieses Standortes würde somit zur vollständigen Problemlösung im Schutzgut führen.

Wenn andere Standorte vorhanden sind, welche wesentlich zur Gesamtbelastung beitragen, oder eine sehr starke Hintergrundbelastung vorliegt, ist der Einfluss des zu betrachtenden Standortes auf das Schutzgut kleiner. Eine (weitere) Sanierung dieses Standortes könnte damit nur einen kleinen Teil zur Problemlösung im Schutzgut leisten.

### **Kriterium «Bedeutung Schutzgut»**

Das Kriterium «Bedeutung Schutzgut» berücksichtigt verschiedene Eigenschaften eines Schutzgutes, welche fallbezogen zu definieren sind. Neben der Grösse und Qualität des Grundwasserleiters können z.B. der Ertrag von Fassungen sowie deren Bedeutung für die lokale oder regionale Versorgungssicherheit zu betrachtende Eigenschaften sein. Da hierzu keine fixen Kenngrössen vorhanden sind, ist lediglich eine zu begründende Grobeinstufung in „**klein / mittel / gross**“ möglich.

Es ist zu beachten, dass diese Einteilung unabhängig vom Gewässerschutzbereich  $A_u$  oder  $\bar{u}B$  erfolgt (d.h.  $A_u$  ist nicht automatisch immer gross und  $\bar{u}B$  nicht automatisch immer klein).

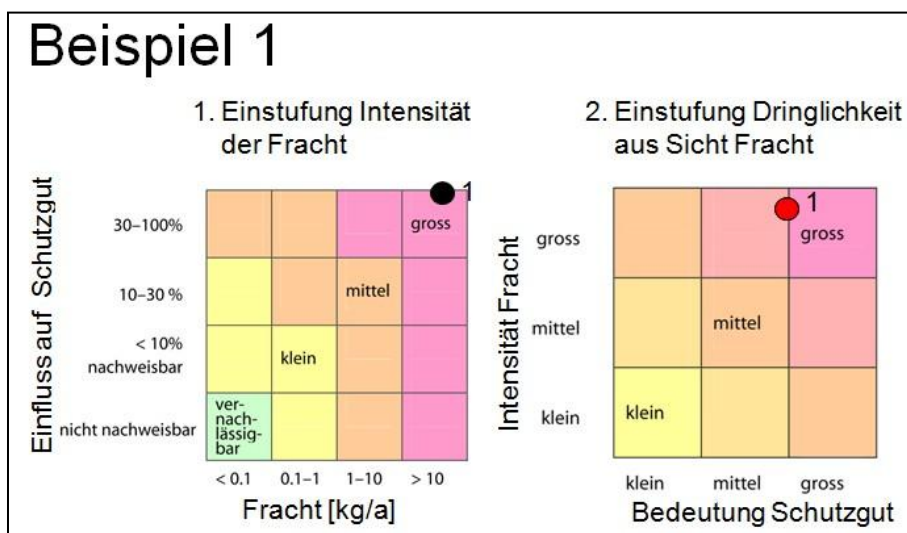
### **7.4 Abstufungen des Bewertungsmodells**

Die Abstufungen, welche für das oben beschriebene Bewertungsmodell gewählt wurden, sind vor allem in der zweiten Stufe („2. Matrix“) bewusst fliessend. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass es sich beim 2. und vor allem 3. Kriterium nur noch um Abschätzungen handelt.

Die «etwas asymmetrische Abstufung» bei der ersten Stufe ist auf folgende Überlegungen zurückzuführen: Einerseits wurde dabei berücksichtigt, dass eine kleine bis sehr kleine Fracht nicht zu einer hohen Intensität führt, nur weil es sich um den einzigen Emittenten handelt. Wenn die Intensität vernachlässigbar ist, besteht keine Dringlichkeit mehr. Andererseits wird eine Fracht von grösser als 10 kg CKW pro Jahr unabhängig von Einfluss auf das Schutzgut als grosse Intensität bewertet. Es handelt sich dabei natürlich um eine strategische Bewertung, welche sich ausschliesslich auf den Standort selbst fokussiert.

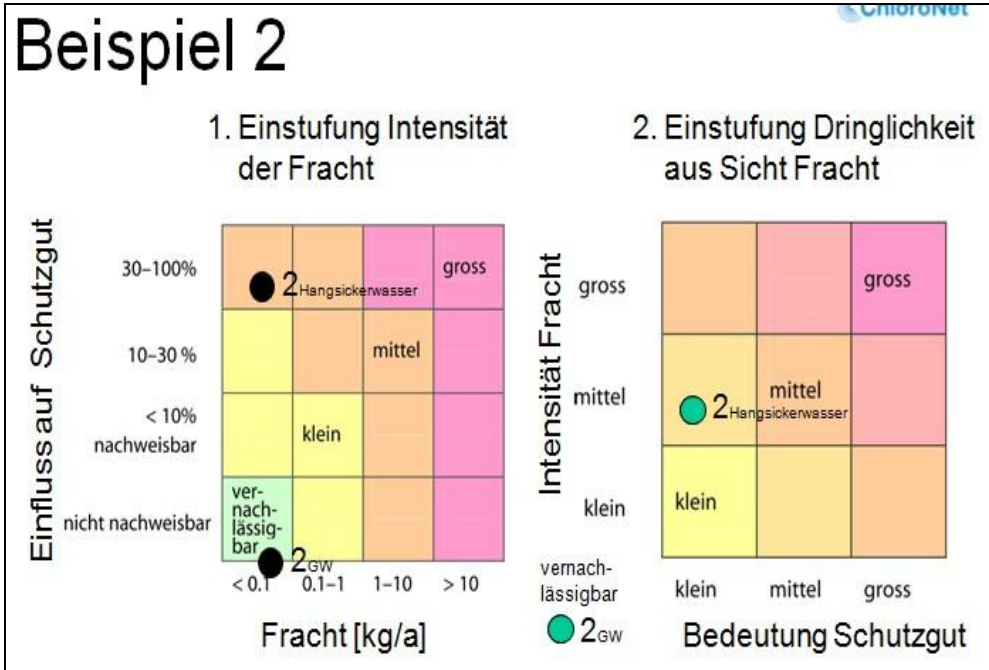
## 7.5 Anwendungsbeispiele

Zur Illustration werden nachfolgend zwei Beispiele erläutert.



**Abbildung 19** Beispiel für die Anwendung des Bewertungsmodells: Fallbeispiel 1

Beim Beispiel 1 resultiert aus einer Fracht von 20–40 kg/a eines alleinigen Emittenten (Einfluss = 100%) eine grosse Intensität. Die Bedeutung des Schutzgutes wird als mittel bis gross bewertet (z.B. bedeutender genutzter Grundwasserleiter), sodass sich gesamthaft eine eher hohe Dringlichkeit für eine (weitere) Sanierung ergibt.



**Abbildung 20** Beispiel für die Anwendung des Bewertungsmodells: Fallbeispiel 2

Das Beispiel 2 zeigt einen Standort mit einer Emission in ein Hangsickerwasser, welches nach einer kurzen Fliessdistanz in einen nutzbaren Grundwasserleiter mündet. Bei diesem Beispiel zeigt sich, dass das Bewertungsmodell auch bei unterschiedlicher Schutzgutbetrachtung eingesetzt werden kann. Mit einer sehr kleinen Fracht von < 0.1 kg/a ergibt sich bezogen auf das unmittelbar betroffene Hangsickerwasser eine mittlere Dringlichkeit, bezogen auf das nachträglich betroffene und bereits belastete Grundwasser liegt dagegen keine Dringlichkeit mehr vor.

## 7.6 Weiteres Vorgehen

Das beschriebene Bewertungsmodell wurde in der Arbeitsgruppe Fracht diskutiert und an der Fachtagung in Solothurn 2013 vorgestellt. Um eine bessere Aussagekraft über Möglichkeiten und Grenzen dieses Modells zu erhalten, wird eine Validierung an Hand von Praxisfällen aus dem Vollzug einzelner Kantone durchgeführt.

Resultate dieser Validierung sowie allfällige Anpassungen oder Weiterentwicklungen des Bewertungsmodells werden im ChloroNet diskutiert und fliessen ebenso wie die in diesem Bericht enthaltenen Ergebnisse und Informationen in die weiteren Arbeiten des Teilprojektes Risikomanagement ein.

## Anhang 1: Bemerkungen zur Frachtbestimmung / Modellierung von Y. Rossier

HydroGeAp  
Pr. Dr. Yvan Rossier

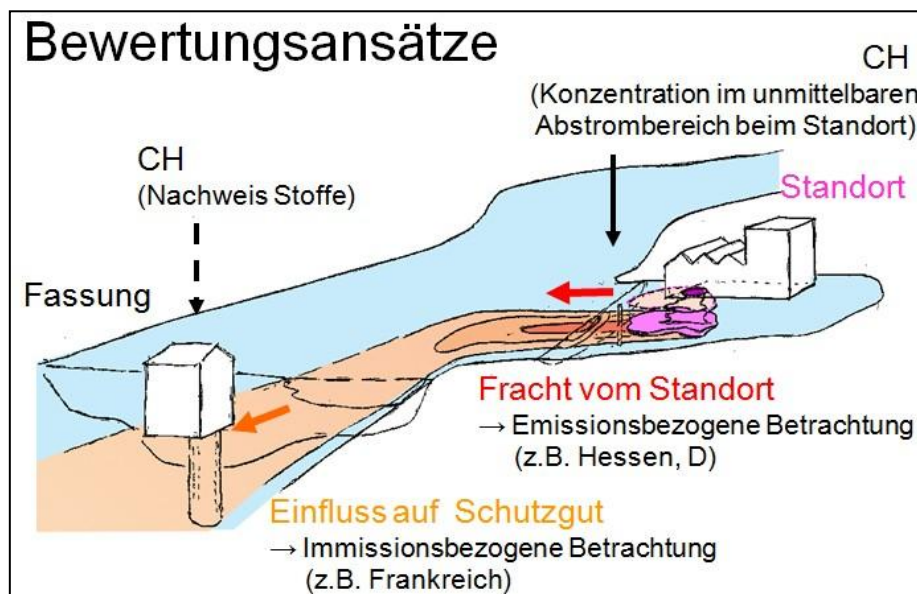
# **Charge – Transfert de masse en solution – Modélisation du transfert de masse en solution**

Siehe separates Dokument

## Anhang 2: Betrachtung verschiedener Bewertungsmöglichkeiten im Ausland

Wie in Kapitel 3 diskutiert, sind die altlastenrechtliche Klassierung des Standortes sowie die weiteren Schritte der Altlastenbearbeitung auf die Schadstoffemissionen, welche vom Standort ausgehen, bezogen. Diese in der AltIV verankerte, emissionsbezogene Betrachtung mit der Fokussierung auf Konzentrationswerte hat sich sehr bewährt. Im Vergleich dazu gibt es im umliegenden Ausland modifizierte Betrachtungsweisen:

- Beispiel Deutschland (z.B. Bundesländer Hessen und Baden-Württemberg)**  
 Standortklassierung und weitere Schritte der Altlastenbearbeitung werden auch hier auf die vom Standort ausgehenden Emissionen bezogen. Zusätzlich zu den Konzentrationswerten gibt es aber auch Richtwerte für die Schadstofffracht. D.h. Standortklassierung und Sanierungsziel werden auf die Kombination von Konzentrations- und Frachtwerten ausgerichtet.  
 Literatur: „Handbuch Altlasten. Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser. Band 3, Teil 6“, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2008.
- Beispiel Frankreich**  
 In Frankreich steht die immissionsbezogene Betrachtung im Vordergrund. Vor allem die Sanierungsziele werden auf den Einfluss der Belastung auf das Schutzgut resp. die konkrete Nutzung ausgerichtet.



**Abbildung 21** Darstellung der verschiedenen Bewertungsansätze ( Schweiz, Deutschland und Frankreich)

Die immissionsbezogene Betrachtungsweise (Beispiel Frankreich) bietet dann Vorteile, wenn die hydrogeologischen Verhältnisse über sehr grosse Bereiche (Regionen) gleich bleiben. Bei sehr kleinräumiger Geologie/Hydrogeologie, wie sie in der Schweiz anzutreffen ist, ist die Fokussierung auf das Schutzgut (beispielsweise auf eine Trinkwasserfassung) und der Rückschluss auf den Sanierungsbedarf eines entfernten Standortes mit grossen Unsicherheiten behaftet und daher nicht zielführend.

Eine Gleichstellung von Konzentrationswerten und Frachtwerten (Beispiel Deutschland) ist mit der schweizerischen Gesetzgebung nicht vereinbar. Gemäss AltIV richtet sich der Sanierungsbedarf allein nach den Konzentrationswerten im unmittelbaren Abstrom, und gemäss GSchV richten sich die Sanierungsziele nach der Gewässerqualität, welche wiederum durch numerische Anforderungen an die Schadstoffgehalte ausgedrückt werden.

**Fazit:**

**Die beiden oben vorgestellten Betrachtungsweisen können nicht auf die schweizerischen Verhältnisse/Anforderungen übertragen werden.**