

ChloroNet Teilprojekt 4 - Risikomanagement

Expertenbericht der Arbeitsgruppe Risikomanagement

Im Auftrag des AWEL ZH

Version 23. April 2018

Verfasser:

Dr. Thomas Eisenlohr	Dr. Heinrich Jäckli AG
Dr. Bernhold Hahn	AWEL Zürich

Arbeitsgruppen:

Arbeitsgruppe Risikomanagement (3/2012 – 6/2014)

Mathieu Boéchat	RWB Neuchâtel SA
Daniel Bürgi	FriedliPartner AG
Dr. Gabriele Büring Stucki	PL ChloroNet / AWEL ZH
Alain Davit	GESDEC Kanton GE / POL ChloroNet
Sibylle Dillon	BAFU Recht
Dr. Thomas Eisenlohr	Dr. Heinrich Jäckli AG
Dr. Bernhold Hahn	AWEL ZH (Leitung AG)
Siegfried Hartnagel	Kanton BS
Dr. Siegfried Lagger	BAFU Rechtsdienst
Lorenz Lehmann	Ecosens AG
Dr. Sébastien Meylan	CIMO
Winfried Stehle	ABB Immobilien AG
Christiane Wermeille	BAFU, Boden Und Biotechnologie/PL ChloroNet

Arbeitsgruppe Fracht (1/2013 – 1/2014)

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

Arbeitsgruppe Restbelastungen (5/2015 – 3/2016)

Henrich Adler	AfU Kanton SG / POL ChloroNet
Dr. Gabriele Büring Stucki	PL ChloroNet / AWEL ZH
Marc-André Dubath	Geotest AG
Dr. Thomas Eisenlohr	Dr. Heinrich Jäckli AG
Dr. Bernhold Hahn	AWEL Zürich (Leitung AG)
Thomas Schmid	AfU Kanton AG
Monika Schwab-Wyssner	BAFU Boden und Biotechnologie / PL ChloroNet
Sibylle Dillon	BAFU Recht (Begleitgruppe, nur zeitweise involviert)
Reto Muralt	BAFU Wasser (Begleitgruppe, nur konsultativ involviert)

Arbeitsgruppe Vinylchlorid (4/2016 – 9/2016)

Dr. Gabriele Büring Stucki	PL ChloroNet / AWEL ZH
Alain Davit	GESDEC Kanton GE / POL ChloroNet
Marc-André Dubath	Geotest AG
Dr. Thomas Eisenlohr	Dr. Heinrich Jäckli AG
Dr. Bettina Flury	AWEL ZH (Leitung AG)
Dr. Rolf Kettler	BAFU Boden und Biotechnologie
Dr. Jürg Krebs	AWA Kanton BE

Expertenbericht Risikomanagement

INHALT

1	Einleitung	6
1.1	Ausgangslage und Problemstellung	6
1.2	Vorgehen und Ziele des vorliegenden Berichtes	7
1.3	Rahmenbedingungen ChloroNet-Lösungsansätze	7
1.4	Generelle Begriffsdefinitionen	8
1.5	Verwendete Unterlagen	8
2	Kriterien zur Standortabgrenzung	9
2.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	9
2.2	Abgrenzung CKW-belastete Standorte	9
2.3	Nicht-Eintrag resp. Entlassung CKW-belastete Standorte aus dem KbS	20
2.4	Überprüfung der Kriterien	21
3	Sanierungszielanpassung	22
3.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	22
3.2	Problemstellung	22
3.3	Lösungsansatz	22
4	Sanierungsunterbruch	23
4.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	23
4.2	Problemstellung	23
4.3	Lösungsansatz	23
5	Frachtbetrachtungen	28
5.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	28
5.2	Genereller Rahmen	28
5.3	Lösungsansätze ChloroNet	29
6	Umgang mit Restbelastungen	30
6.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	30
6.2	Begriffsdefinitionen	30
6.3	Restbelastungen innerhalb des Standortes	31
6.4	Restbelastungen ausserhalb des Standortes	31
7	Vinylchlorid	34
7.1	Vorgehen der Arbeitsgruppe	34
7.2	Ausgangslage	34
7.3	Überlegungen zu möglichen Lösungsansätzen	35

TABELLEN

Tabelle 1:	Vor- und Nachteile der verfügbaren Messverfahren	15
Tabelle 2:	Feststoff- und Porenluft-Kriterien zur Standortabgrenzung von CKW-Standorten	17
Tabelle 3:	Definitionen Sanierungsunterbruch (Auszug Merkblatt (28.10.2015) in Anhang 2)	24

FIGUREN

Figur 1:	Schematische Visualisierung Standortabgrenzung gemäss ChloroNet	9
Figur 2:	Schematische CKW-Ausbreitung im Untergrund (Vollzugshilfemodul, in Vorbereitung)	11
Figur 3:	Fallbeispiel einer verschleppten CKW-Feststoffbelastung (Summengehalte in $\mu\text{g}/\text{kg}$). Durch baubezogene Untersuchungen auf der Drittparzelle A musste die ursprünglich auf die Parzelle B beschränkte Standortabgrenzung erweitert werden (aus Vortrag Th. Eisenlohr, ChloroNet-Tagung vom 24.11.2016).	11
Figur 4:	Schematische Visualisierung der auf dem Modellansatz «Mineralöl» basierenden Standortabgrenzung gemäss Vollzugshilfe BAFU 2003	14
Figur 5:	Kombination der verschiedenen Untersuchungsverfahren resp. Betrachtungsbereiche bei der Standortabgrenzung, Vollzugshilfemodul (in Vorbereitung)	16
Figur 6:	Vergleich Feststoffgehalte und Eluat-Werte an sandig-kiesigen Vergleichsproben, Datengrundlage und Auswertung Dr. Heinrich Jäckli AG	20
Figur 7:	Plakative Visualisierung einer möglichen Gesamtbewertung (Vortrag L. Lehmann, ChloroNet-Tagung vom 20.11.2014)	25
Figur 8:	Resultate einer nicht-repräsentativen Umfrage bezüglich der Sanierungskosten pro Kilogramm entfernter CKW (aus Vortrag D. Bürgi, ChloroNet-Tagung vom 20.11.2014)	27

ANHANG

Anhang 1	Merkblatt «Kriterien für die Abgrenzung bzw. Löschung von CKW-belasteten Standorten», Stand 13.8.2017
Anhang 2	Merkblatt «Kriterien Sanierungsunterbruch», Stand 28.10.2015
Anhang 3	Merkblatt «Hilfestellung für den Umgang mit Vinylchlorid-Belastungen», Stand 20.10.2017

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Untersuchungen und Sanierungen von CKW-Belastungen erweisen sich oft als komplex, langwierig und finanziell aufwendig. Hauptgründe dafür sind die hohe Mobilität und die unregelmässige Verteilung der Schadstoffe im Untergrund, der langsame und meist unvollständige Abbau, die Bildung von toxischen Abbauprodukten sowie schadstoffspezifische Unsicherheiten bei der Probennahme.

Um den speziellen Eigenschaften dieser Stoffgruppe Rechnung zu tragen, wurde 2007 das Projekt ChloroNet gegründet. ChloroNet ist die nationale CKW-Plattform, welche die kantonalen Umweltbehörden, die Ingenieurbüros und betroffene Standortinhaber in einem Netzwerk zusammenbringt. Von 2007 bis 2017 sind in diesem Rahmen praxistaugliche Lösungen für einen ökologisch und wirtschaftlich optimierten Umgang mit CKW-Belastungen entwickelt worden.

Aus den Teilprojekten 2 (Untersuchung) und 3 (Sanierung) des ChloroNet ergaben sich u.a. verschiedene Fragestellungen, welche im Teilprojekt 4 (Risikomanagement) zu bearbeiten waren:

Teilprojekt 2 Untersuchungsstrategien

- Alle Untersuchungsmethoden haben Unsicherheiten, so dass meist keine abschliessende Gewissheit über die Belastungsverteilung gewonnen werden kann. Es sind daher eine Kombination verschiedener Untersuchungsmethoden und ein iteratives Vorgehen erforderlich. *Diesem Umstand ist bei der phasengerechten Standortbeurteilung Rechnung zu tragen.*
- Die Grundwasserbeprobung im Abstrombereich unmittelbar beim Standort stellt für die Standortklassierung die zuverlässigste Methode dar, weshalb die Altlastenverordnung (AltIV) dafür konkrete Beurteilungswerte vorgibt (Art. 9 und 10 AltIV). Der Befund ist aber stark abhängig von der Messstellenplatzierung und -ausbildung. Für die richtige Platzierung und Konzeptionierung der klassierungsrelevanten Messstelle(n) müssen deshalb die Fließverhältnisse und die Standortabgrenzung bekannt sein. *Da bezüglich CKW konkrete Vorgaben für die Standortabgrenzung im Kataster der belasteten Standorte (KbS) und damit indirekt auch für die Standortentlassung fehlen, sind anwendbare Kriterien zu definieren.*

Teilprojekt 3 Sanierungsstrategien

- Alle Sanierungsmethoden haben Stärken und Schwächen, so dass keine Gewissheit über den Sanierungserfolg besteht. Die Praxis zeigt, dass bei einer signifikanten Anzahl der Sanierungen die vorgegebenen Sanierungsziele nicht oder nur teilweise erreicht werden. *Es sind daher Lösungsansätze für die Beurteilung der Notwendigkeit von weitergehenden Massnahmen, Kriterien für einen allfälligen Sanierungsabbruch- resp. -unterbruch vorzuschlagen und Empfehlungen für den Umgang mit Restbelastungen auszuarbeiten.*
- Die Sanierungskosten bei CKW-Sanierungen sind in Bezug auf die entfernten Schadstoffmengen vergleichsweise hoch und steigen mit zunehmender Sanierungsdauer. Dies ist v.a. darauf zurückzuführen, dass bereits geringe Schadstoffmengen altlastenrechtlich relevant sein kön-

nen und deren Lage im Untergrund meist nur erschwert zugänglich ist. Es stellt sich daher oft die Frage der Notwendigkeit und Verhältnismässigkeit weitergehender Massnahmen. *In diesem Zusammenhang sind Lösungsansätze für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit zu prüfen und den Spielraum für Sanierungszielanpassungen zu evaluieren.*

1.2 Vorgehen und Ziele des vorliegenden Berichtes

Die Bearbeitung der in Kapitel 1.1 genannten Fragestellungen erfolgte zwischen 2007 und 2016 in mehreren Arbeitsgruppen mit Vertretern des BAFU, verschiedener Kantone sowie unter Zuzug von externen Experten aus der Praxis und der Hochschulen. Die erarbeiteten Lösungsansätze wurden an den jährlichen ChloroNet-Tagungen präsentiert und z.T. in Merkblättern zusammengefasst. Zu einzelnen Arbeitsgruppen wurden Expertenberichte verfasst und z.T. im ChloroNet publiziert.

Aktuell werden die Resultate der ChloroNet-Arbeitsgruppen vom BAFU in einem Vollzugshilfemodul (VHM) zusammengefasst und publiziert. Dabei wurden einzelne Kriterien angepasst resp. ergänzt.

Der vorliegende Bericht soll zur besseren Nachvollziehbarkeit die Überlegungen und Entscheidungsgrundlagen dokumentieren, welche zu den einzelnen Lösungsansätzen geführt haben. Die Lösungsansätze selber werden im vorliegenden Bericht nur zusammenfassend beschrieben, ergänzt mit Verweisen auf das VHM resp. die vorhandenen Expertenberichte. Auf eine umfassende Beschreibung wird zur Vermeidung von Doppelspurigkeiten verzichtet.

Aus terminlichen Gründen wurde der vorliegende Bericht durch die eingangs genannten Autoren ohne Konsultation der übrigen, in den Arbeitsgruppen involvierten Experten verfasst.

1.3 Rahmenbedingungen ChloroNet-Lösungsansätze

In den Diskussionen der Arbeitsgruppen mit dem BAFU haben sich folgende Rahmenbedingungen für die ChloroNet-Lösungsansätze herauskristallisiert:

- Die Lösungsansätze müssen mit den gültigen Gesetzen und Verordnungen kompatibel sein. Eine Revision der AltIV war für die ChloroNet-Arbeitsgruppen z.B. keine verfügbare Option.
- Die Lösungsansätze haben nur empfehlenden Charakter und sollen beim Umgang mit CKW-Fällen eine Hilfestellung bieten.
- Aufgrund der grossen Heterogenität der CKW-Fälle sind allgemeingültige Lösungen für alle Spezialfälle nicht möglich. Es sollen daher nach der 80/20-Regel (mit 20% Aufwand 80% der Fälle erfassen) Lösungen für die Mehrheit der Fälle gesucht werden. Für Spezialfälle sind weiterhin Einzelfall-bezogene Kriterien notwendig.
- Die Lösungsansätze sollten zur Vereinheitlichung des schweizweiten Vollzugs beitragen, aber dennoch weiterhin Spielraum für Einzelfall-bezogene Beurteilungen erlauben.
- Die Lösungsansätze sollen möglichst einfach, verständlich und vor allem praxistauglich sein.

1.4 Generelle Begriffsdefinitionen

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)

Mit chlorierten Kohlenwasserstoffen sind in diesem Expertenbericht die aliphatischen chlorierten Kohlenwasserstoffe des Anhangs 1 der Altlasten-Verordnung gemeint, d.h. die „klassischen“, meist leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) (inkl. 1,2-Dibromethan). Im nachfolgenden Text werden diese der Einfachheit halber als CKW bezeichnet. Nicht behandelt werden chlorierte aromatische Verbindungen (z.B. Chlorbenzole, PCB) sowie mit anderen funktionellen Gruppen (z.B. Amine) substituierte aliphatische chlorierte Verbindungen.

U- und I-Werte / Abfallverordnung VVEA

Seit dem 1.1.2016 ersetzt die Abfallverordnung (VVEA) die bisherige Technische Verordnung über Abfälle (TVA). Somit gilt auch die neue Nomenklatur der Abfallqualitäten. Der bisherige Grenzwert für unverschmutztes Material (U-Wert) kann neu dem entsprechenden Grenzwert Anh. 3 Ziff. 1 VVEA (Typ A) zugeordnet werden, der bisherige Grenzwert für Inertstoffqualität (I-Wert) dem entsprechenden Grenzwert Anh. 5 Ziff. 2 VVEA (Typ B). Nachfolgend wird aus Gründen der Nachvollziehbarkeit mit anderen ChloroNet-Dokumenten weiterhin mit den Begriffen U-Wert und I-Wert gearbeitet.

Belastungen

Belastete Standorte sind Orte, deren Belastung von Abfällen stammt und die eine beschränkte Ausdehnung aufweisen (Art. 2 AltIV). Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist (Art. 7 Abs. 6 USG). Aufgrund dieser Definitionen stellen in den Untergrund gelangende CKW Abfälle dar, welche zu Belastungen resp. belasteten Standorten führen können.

Üblicherweise werden bei der Definition von belasteten Standorten die Grenzwerte der VVEA für unverschmutzten Aushub verwendet. Es handelt sich dabei jedoch um eine ungeschriebene Konvention, welche - wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen - bei CKW nur bedingt anwendbar ist.

1.5 Verwendete Unterlagen

- [1] BAFU (2003): Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten, Vollzugshilfe.
- [2] ChloroNet (Mai 2008, revidiert September 2009): Leitfaden Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW), Stoffeigenschaften.
- [3] ChloroNet, Expertenbericht Untersuchung von CKW-Belastungen, Oktober 2016.
- [4] ChloroNet, Expertenbericht Fracht, Anwendung von Frachtbetrachtungen bei mit chlorierten Kohlenwasserstoffen belasteten Standorten, 13. Oktober 2014.
- [5] BAFU (2014): Evaluation von Sanierungsvarianten, Vollzugshilfemodul.
- [6] ChloroNet, Expertenbericht Restbelastungen, 16. Januar 2018.
- [7] BAFU (2001): Erstellung des Katasters der belasteten Standorte

2 Kriterien zur Standortabgrenzung

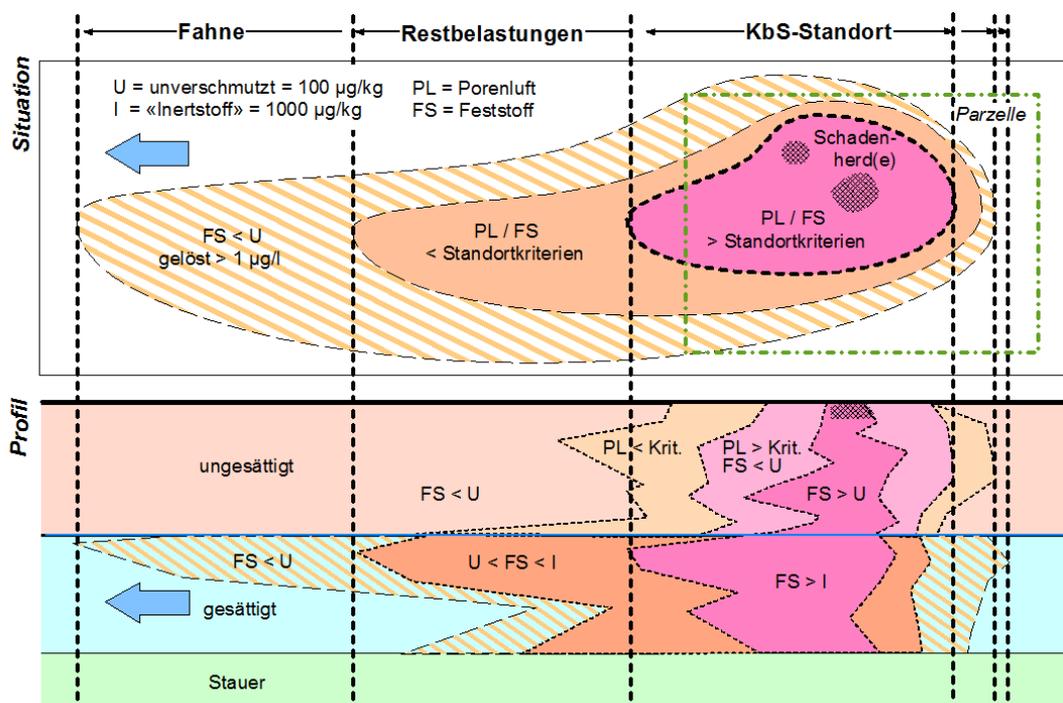
2.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

Die Arbeitsgruppe Risikomanagement hat zwischen März 2012 und September 2013 an 12 Arbeitssitzungen die Fragestellung sowie Lösungsansätze diskutiert. Zusätzlich wurden von Gruppenmitgliedern Fallbeispiele aufgearbeitet und präsentiert sowie eigene Lösungsvorschläge gemacht. Die Lösungsansätze wurden an verschiedenen ChloroNet-Tagungen präsentiert und basierend auf Rückmeldungen (zu einer Anhörung im April/Mai 2013) z.T. überarbeitet.

2.2 Abgrenzung CKW-belastete Standorte

Die Arbeitsgruppe Risikomanagement hat eine neue Standortdefinition für CKW-Standorte erarbeitet. Der Spezialfall Vinylchlorid (Kapitel 7) wurde dabei ausgenommen. Die Resultate wurden anlässlich der ChloroNet-Tagung vom 22. November 2012 erstmals vorgestellt. Seither wurde das Kriterienblatt mehrfach überarbeitet. Die aktuelle Version vom 13.8.2017 wurde an der 10. ChloroNet-Tagung vom 23.11.2017 vorgestellt (Anhang 1). Grafisch sind die Standortkriterien in der nachstehenden *Figur 1* visualisiert. Nachfolgend werden die bei der Herleitung gemachten Überlegungen erläutert.

Figur 1: Schematische Visualisierung Standortabgrenzung gemäss ChloroNet (2016)



2.2.1 Phasenbezogene Standortabgrenzung - iterativer Ansatz

Der mehrphasige Ablauf einer Untersuchung eines CKW-belasteten Standortes wird im Expertenbericht zum Teilprojekt 2 (Untersuchungsstrategien, [3]) ausführlich beschrieben. Die Kenntnisse über die effektiven CKW-Belastungen nehmen dabei von der KbS-Erhebung über die Historische Altlasten-

Voruntersuchung, die Technische Altlasten-Voruntersuchung, die Detail-Untersuchung sowie allfälligen Sanierungsuntersuchungen resp. Sanierungen laufend zu.

Dementsprechend erfolgt auch die Standortabgrenzung im KbS meist iterativ. Bei der KbS-Erhebung wird in erster Annäherung basierend auf historischen Informationen und Branchenangaben der Anwendungsbereich von CKW oder bei fehlenden Lageinformationen die entsprechende Parzelle im KbS eingetragen. Der Eintrag basiert dabei auf der bei CKW erfahrungsgemäss hohen Wahrscheinlichkeit von Schadstoffbelastungen bei der Anwendung dieser Stoffe. Dass diese Annahme für CKW zutrifft haben u.a. amtsinterne Auswertungen des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) im Kanton Zürich gezeigt. Im Expertenbericht zu den Stoffeigenschaften von CKW [2] sind die für CKW-Anwendungen relevanten industriellen Prozesse aufgelistet.

Im Rahmen einer historischen Voruntersuchung werden in einem weiteren Schritt die Angaben über die Art und die Lage der CKW-Nutzungen anhand von konkreten Aktenrecherchen verifiziert resp. ergänzt. Im Expertenbericht des Teilprojektes 2 wird beschrieben, ob basierend auf konkreten historischen Informationen eine Standort-Anpassung möglich resp. zweckmässig ist. Die Informationen der historischen Untersuchungen haben für die Untersuchungsstrategie der technischen Untersuchungen und die Plausibilitätsprüfung der Messresultate eine grosse Bedeutung ([3], Kapitel 5,6).

Im Rahmen der technischen Voruntersuchung wird das Vorhandensein resp. die Ausdehnung von Belastungen im Untergrund und deren Umweltrelevanz approximativ ermittelt (Standortklassierung). Letztere hat bei CKW durch eine Grundwasserbeprobung im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes zu erfolgen. Für die richtige Platzierung der klassierungsrelevanten Abstrommessstelle(n) muss, wie bereits erwähnt, die Standortabgrenzung somit bekannt sein.

Das anhand von Sondierungen (Punktinformationen) gewonnene Bild über die Belastungsverteilung kann immer nur eine Annäherung an die effektive Belastungsverteilung darstellen. Es ist daher offensichtlich, dass neue Erkenntnisse über die effektive Belastungsverteilung aus ergänzenden Untersuchungen oder Sanierungen jederzeit zu Anpassungen der Standortabgrenzung führen können.

2.2.2 Schadstoffverteilung von CKW im Untergrund

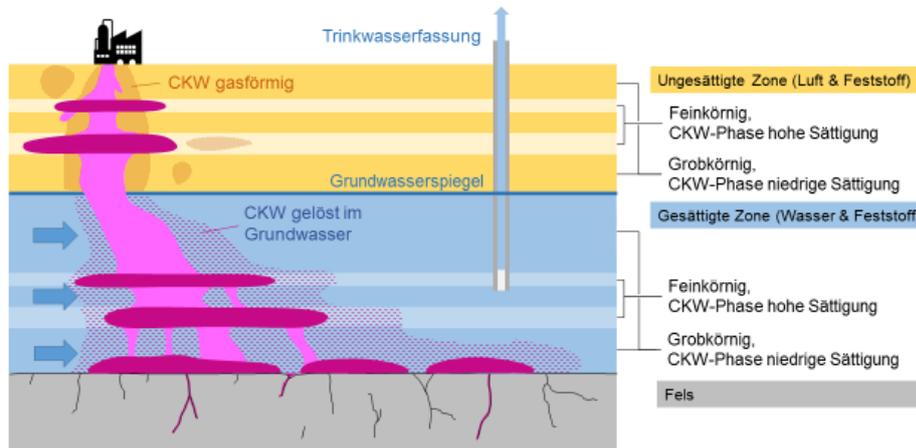
Belastete Standorte sind gemäss Art. 2 Abs. 1 AltIV Orte, deren Belastung von Abfällen stammt und die eine beschränkte Ausdehnung aufweisen. Bei Ablagerungsstandorten mit wenig mobilen Schadstoffen ist die Eingrenzung in der Regel einfach, indem der Standort die gesamte belastete Auffüllung (z.B. aufgefüllte Materialentnahmestelle) umfasst. Bei CKW-Standorten, welche meist zu den Industriestandorten gehören, ist diese Abgrenzung aufgrund der Anwendung und der Stoffeigenschaften schwieriger (vgl. Expertenberichte Stoffeigenschaften [2] und Untersuchungsstrategien [3]).

Einerseits erfolgte der CKW-Eintrag auf einer Liegenschaft sehr uneinheitlich. Neben Bereichen ohne Schadstoffeintrag (z.B. Verwaltungsbereiche) bestehen meist mehrere Bereiche mit punktuellen Einsickerungsstellen (z.B. Reinigungsbäder, Leitungsleckagen usw.) und daneben oft auch Bereiche mit diffusem Schadstoffeintrag (z.B. Abluftbereiche). Andererseits ist das Ausbreitungsmuster von CKW im Untergrund selber aufgrund der besonderen Stoffeigenschaften und dem in der Schweiz meist heterogenen Untergrundaufbau in der Regel sehr komplex.

CKW können flüssig (in Phase oder gelöst in Sickerwasser) oder gasförmig in den Untergrund eingedrungen sein. Die Phasen-Einsickerung erfolgte primär vertikal, insbesondere im gesättigten Unter-

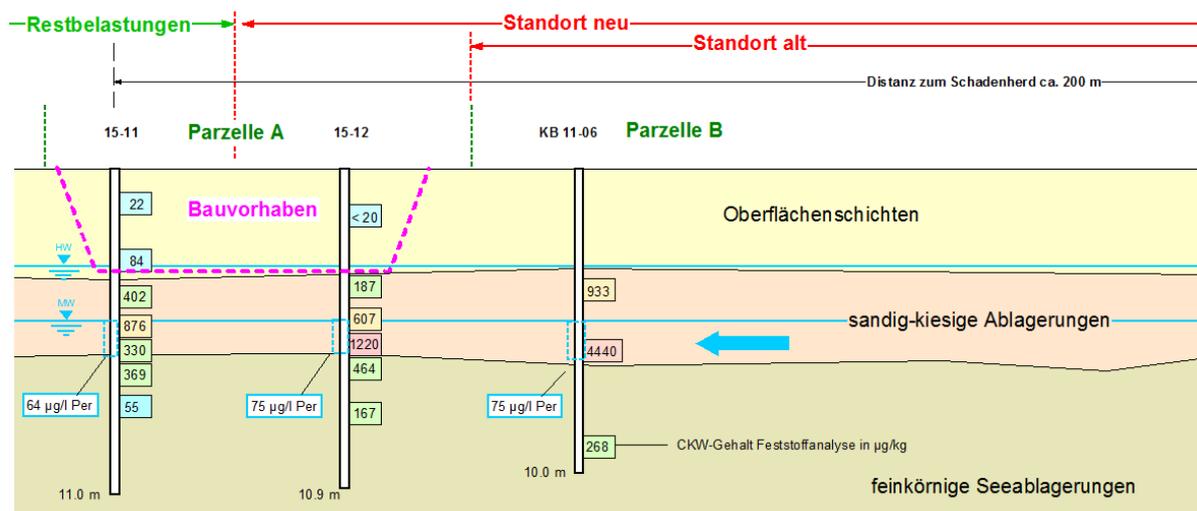
grund breiten sich CKW häufig aber auch lateral aus. Dabei können sich Ansammlungen von CKW-Phase auch losgelöst vom Schadenherd bilden (Phasen-Pools resp. DNAPL).

Figur 2: Schematische CKW-Ausbreitung im Untergrund (Vollzughilfemodul, in Vorbereitung)



Es kommt hinzu, dass CKW-Belastungen durch Stofftransport und Diffusion mit dem Grundwasser weit über den Schadenherd hinaus verschleppt und durch Sorptionsprozesse zu Feststoffbelastungen führen können. Derartige verschleppte CKW-Belastungen können sich über mehrere hundert Meter bis mehrere Kilometer erstrecken und zahlreiche Parzellen tangieren (vgl. Beispiele in Figur 3). Diese verschleppten Feststoffbelastungen sind nicht zu verwechseln mit den meist noch längeren CKW-Fahnen, welche ausschliesslich die im Grundwasser gelöste CKW-Emission des Standortes beschreiben (vgl. Kapitel 6.2).

Figur 3: Fallbeispiel einer verschleppten CKW-Feststoffbelastung (Summengehalte in $\mu\text{g}/\text{kg}$). Durch baubezogene Untersuchungen auf der Drittparzelle A musste die ursprünglich auf die Parzelle B beschränkte Standortabgrenzung erweitert werden (aus Vortrag Th. Eisenlohr, ChloroNet-Tagung vom 24.11.2016).



2.2.3 Konsequenzen für die Standortabgrenzung

Die besondere Schadstoffverteilung von CKW im Untergrund hat einen grossen Einfluss auf die Standortabgrenzung. Normalerweise wird diese in der Altlastenbearbeitung mithilfe der Feststoffgrenzwerte für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial gemäss VVEA Anhang 3 Ziffer 1 (U-Wert) vorgenommen. Würde dies auch bei CKW-Standorten so angewendet (**Variante «U-Wert»**), wären z.T. sehr grossflächige Standorte die Folge. Dies würde der gemäss Art. 2 AltIV geforderten «beschränkten Ausdehnung von belasteten Standorten» weitgehend widersprechen. Es hätte ausserdem in Bezug auf die Ziele der Altlastenbearbeitung folgende nachteilige Konsequenzen:

- Die für die Standortklassierung gemäss Art. 9 und 10 AltIV notwendigen Grundwassermessstellen «im Abstrombereich unmittelbar beim Standort» würden dadurch sehr weit vom Schadenherd entfernt zu liegen kommen. Die hier im Grundwasser vorhandenen CKW-Konzentrationen sind aufgrund von Dispersions- und Verdünnungsprozessen auch bei Standorten mit starken CKW-Belastungen im Schadenherd meist nur noch gering. Dies würde dazu führen, dass derartige CKW-Standorte trotz grossem Schadstoffpotenzial und z.T. erheblichen Schadstofffrachten als nicht sanierungsbedürftig beurteilt würden. Dies würde dem Grundprinzip des in der Altlastenbearbeitung angestrebten Quellenstopps widersprechen.
- Durch sehr grossflächige Standorte würden insbesondere in urbanen Gebieten zahlreiche Parzellen und damit potenzielle Zustandsstörer tangiert. Die damit verbundenen Fragen der Realleistungs- und Kostentragungspflicht würden die Altlastenbearbeitung (Voruntersuchung, Detailuntersuchung, Sanierung usw.) stark erschweren und verzögern.

Wenn hingegen anstelle der U-Werte höhere Gehaltswerte für die Standortabgrenzung im KbS herangezogen werden, würden kleinere Standorte resultieren (**Variante «> U-Wert»**). Die genannten Nachteile würden dadurch minimiert, es würden dafür aber andere Nachteile entstehen:

- Die Standorte würden nicht mehr alle Belastungen umfassen (Kapitel 6 Restbelastungen). Dadurch wären diese (schwachen) Belastungen ausserhalb der eng gezogenen Standortbegrenzung auch nicht mehr Gegenstand einer Sanierung. Derartige verschleppte Belastungen können in Bezug auf das Grundwasser untergeordnet Sekundärquellen darstellen, was in geringem Mass zu weiteren Schadstoffemissionen führen kann.
- Die engere Standortbegrenzung hat für die Grundstückseigentümer mit schwachen Belastungen ausserhalb davon zwar den Vorteil, dass deren Liegenschaften nicht durch einen KbS-Eintrag entwertet werden. Bei einem Bauvorhaben können diese Belastungen abfallrechtlich für die Grundstückseigentümer aber dennoch nachteilige Folgen haben. Durch die «Ausgrenzung» vom Standort wird für diese Eigentümer die Frage der altlastenrechtlichen Kostenverteilung (Verursacherprinzip) vermutlich zumindest erschwert.

Aufgrund dieser Ausgangslage sind bei CKW die normalerweise bei belasteten Standorten angewendeten Kriterien für die Standortabgrenzung in Frage zu stellen. Für die Festlegung von alternativen Kriterien wurden in der Arbeitsgruppe Risikomanagement daher die Vor- und Nachteile verschiedener Kriterien-Ansätze ausführlich diskutiert. Dabei erfolgte eine Gesamtschau über die Ziele und Vorgaben der Altlastenbearbeitung, den Sinn und Zweck des KbS sowie eine Interessensabwägung zwischen dem Schutz der öffentlichen Schutzgüter und dem Eigentümerschutz. Nachfolgend werden einige der dabei gemachten Überlegungen erläutert.

2.2.4 Zweck des Katasters der belasteten Standorte (KbS)

Für die Standortdefinition ist der Zweck des KbS von grosser Bedeutung. Gemäss der Vollzugshilfe «Erstellung des Katasters der belasteten Standorte» des BAFU (2001, [7]) soll der KbS die Identifizierung der sanierungsbedürftigen Standorte ermöglichen (*Kapitel 4.2*). Es sei aber *«nicht die Aufgabe des KbS, belastete Böden oder Gewässerverunreinigungen in ihrer Gesamtheit zu erfassen»*. Im Weiteren gehe es *«nicht darum, auch grossflächige, diffuse Bodenbelastungen zu erfassen»* ([7], Kapitel 4.3). Dieser Grundsatz basiert auf der bereits erwähnten Vorgabe des Art. 2 Abs. 1 der AltIV, wonach ein belasteter Standort eine *«beschränkte Ausdehnung»* ausweisen soll.

In Bezug auf flüssig eingetragene Schadstoffe, wozu die CKW zweifellos zählen, hält die Vollzugshilfe fest: *«Der gleiche Grundsatz ist bei Versickerungen von Abfällen anzuwenden, welche durch den Grundwasserstrom über grössere Distanzen transportiert werden. Solche verschleppten Belastungen sind ebenfalls nicht im Kataster zu erfassen»*.

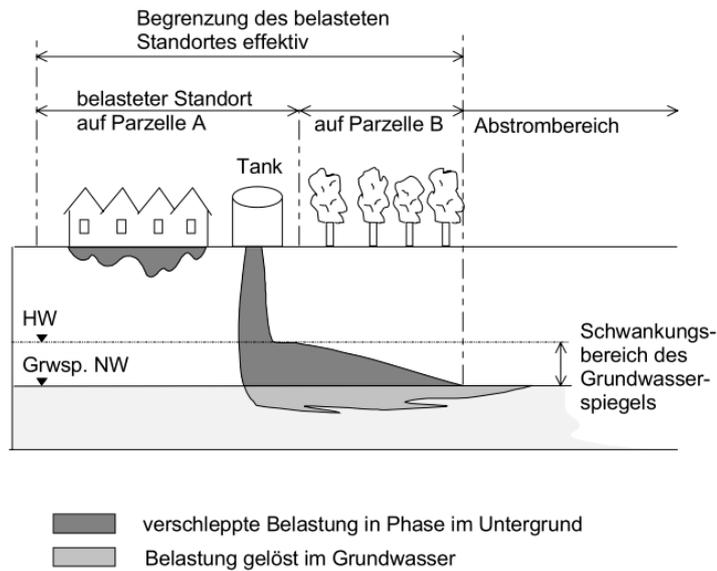
Diesen Grundsätzen entsprechend werden im KbS verschiedene Arten von Schadstoffbelastungen bewusst *nicht* erfasst. Dies gilt z.B. für die grossflächig verbreiteten Belastungen im Ober- und Unterboden (*«Humus»*), welche trotz abfallrechtlicher Relevanz bis zum Erreichen der Sanierungswerte ([7], Kapitel 5) nicht im KbS erfasst werden. Auch andere Schadstoffbelastungen wie die *«Gebäudeschadstoffe»* (Asbest, PCB-Fugen, usw.), bauschutthaltige Gebäudehinterfüllungen, teerhaltige Strassenbeläge oder andere Materialien werden trotz ihrer unbestrittenen Abfallrelevanz *nicht* im KbS eingetragen.

Es ist an dieser Stelle allerdings darauf hinzuweisen, dass die Kantone den KbS trotz seiner Unvollständigkeit auch als Vollzugsinstrument für die Sicherstellung einer korrekten Entsorgung von belasteten Bauabfällen bei Bauvorhaben nutzen. Es kommt hinzu, dass die Immobilien- und Finanzbranche den KbS als Instrument für die Liegenschaftsbewertung verwendet. Diese sekundären Verwendungszwecke des KbS verleihen diesem eine weitreichende Bedeutung und sind nicht durchwegs kompatibel mit den vom Bund vorgegebenen Anforderungen. Dennoch sind sie eine bei der Erarbeitung von Lösungsansätzen zu berücksichtigende Realität.

2.2.5 Frühere Ansätze zur Standortdefinition

Eine erste Konkretisierung des Standortbegriffs für flüssige Abfälle wurde 2003 in der BAFU-Vollzugshilfe «Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten» vorgenommen [1]. Darin wird auf Stoffe hingewiesen, welche *«durch Stofftransport oder Diffusion im Laufe der Jahre über den eigentlichen Standort hinaus verschleppt wurden und als Phase im Untergrund in dessen Umfeld so hohe Belastungen bewirkt haben, dass auch diese zum Standort gerechnet werden müssen*. Allerdings wurde in dieser Vollzugshilfe der sehr unscharfe Begriff *«in Phase»* nicht näher definiert.

Figur 4: Schematische Visualisierung der auf dem Modellansatz «Mineralöl» basierenden Standortabgrenzung gemäss Vollzugshilfe BAFU 2003



Die Verfasser der Vollzugshilfe sind damals vom Modellfall «Mineralöl» ausgegangen, welches «in Phase» auf dem Grundwasser aufschwimmt (vgl. z.B. Figur 1 der Vollzugshilfe). CKW sind im Gegensatz zu Mineralöl aber schwerer als Wasser und können durch Verschleppungen mit dem Grundwasser auch zu diffus verteilten Feststoffbelastungen führen. Der Modellansatz der «aufschwimmenden Schadstoffphase» kann daher nicht auf CKW übertragen werden. Die Fokussierung auf «Schadstoff in Phase» ist einzig bezogen auf sogenannte DNAPL (dense non aqueous phase liquid) denkbar, welche sich auf Stauerschichten bilden können. DNAPL sind sowohl in zusammenhängender Form als auch als räumlich isolierte Phasen-Pools dem Standort zuzuordnen. Viel häufiger bilden sich bei CKW in den Porenräumen des Untergrundes aber diffus verteilte, mikroskopische Phasentröpfchen (vgl. Expertenbericht Teilprojekt 2 [3]) sowie alle Übergänge davon, deren Standortrelevanz unklar ist. Der unscharfe «Phasenbegriff» ist daher für die Standortabgrenzung im Normalfall nicht tauglich.

2.2.6 Wertung durch die Arbeitsgruppe und Rahmenbedingung für Kriterien

Die durchgeführte Gesamtschau ergab, dass in Bezug auf die Abgrenzung von CKW-Standorten keine Lösung existiert, welche allen primären und sekundären Anwendungszwecken vollumfänglich gerecht wird. Eine Interessensabwägung durch die Arbeitsgruppe ergab, dass die Nachteile der Variante «U-Werte» bei CKW-Belastungen in Bezug auf das primäre Ziel der Altlastenbearbeitung, der Erfassung und Sanierung von Altlasten überwiegen. Es waren deshalb alternative Standortkriterien zu suchen.

Die neuen Standortkriterien waren so zu gestalten, dass die resultierenden Nachteile insgesamt vergleichsweise gering sind und in Kauf genommen werden können. Die Standortkriterien sollten neben den generellen Rahmenbedingungen gemäss Kapitel 2 [1] folgende Vorgaben bestmöglich erfüllen:

- Mit den Kriterien sollen die wesentlichen «altlastenrechtlich relevanten Belastungen» in einer Form erfasst werden, welche eine Beurteilung nach dem Sinn und Geist der AltIV erlaubt.
- Die altlasten- und abfallrechtlichen Auswirkungen der aufgrund der Kriterienwahl nicht erfassten Belastungen ausserhalb der Standortbegrenzung sollen möglichst gering sein.

- Die Kriterien sollen auf etablierten Messverfahren basieren, für welche möglichst schon Referenzwerte vorliegen.
- Bezüglich der Art und dem Umfang der Untersuchungsmethoden soll eine gewisse, vom Einzelfall abhängige Flexibilität ermöglicht werden.
- Die Kosten der notwendigen Untersuchungen sollen in einem vertretbaren Rahmen liegen.
- Den Unsicherheiten der Messverfahren ist durch Kontrollmechanismen Rechnung zu tragen.

2.2.7 Wahl der für die Standortabgrenzung anwendbaren Untersuchungsverfahren

Bei der Kriterien-Definition wurden die in *Tabelle 1* aufgeführten, gängigen Messverfahren geprüft.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der verfügbaren Messverfahren

Methode	Vorteile	Nachteile
Porenluft (PL)	flexibel einsetzbar vergleichsweise günstig	keine etablierten Werte für Standort Unsicherheit Geologie / Probenahme nicht einsetzbar im gesättigten Bereich
Feststoff (FS)	Referenzwerte VVEA vorhanden über und im Grundwasser einsetzbar	Unsicherheiten Probenahmeeffekte mittlere bis hohe Kosten
Membran Interface Probing (MIP)	vergleichsweise günstig 3-dimensionales Bild Verteilung über und im Grundwasser einsetzbar	keine etablierten Werte für Standort hohe Nachweisgrenzen Unsicherheit Kalibrierung Messung in hartem Untergrund nicht einsetzbar
Grundwasser (GW) «Herantasten» mit verteilten Messstellen Messstellen im Abströmbe- reich unmittelbar beim Standort	hohe Zuverlässigkeit, wenn Abstrombereich erfasst wird klassierungsrelevante Methode	keine etablierten Werte für Standort Unsicherheiten bez. Fließverhältnisse, Messstellenausbau und Probenahme hohe bis sehr hohe Kosten Standortabgrenzung = Voraussetzung

Diese Auslegeordnung zeigt, wie bereits erwähnt, dass alle verfügbaren Methoden Vor- und Nachteile haben. Es war daher schon früh klar, dass nicht ein einziges Verfahren vorzugeben sei und nur mit einer Kombination von verschiedenen Verfahren eine grössere Sicherheit erreicht wird (vgl. *Figur 5*).

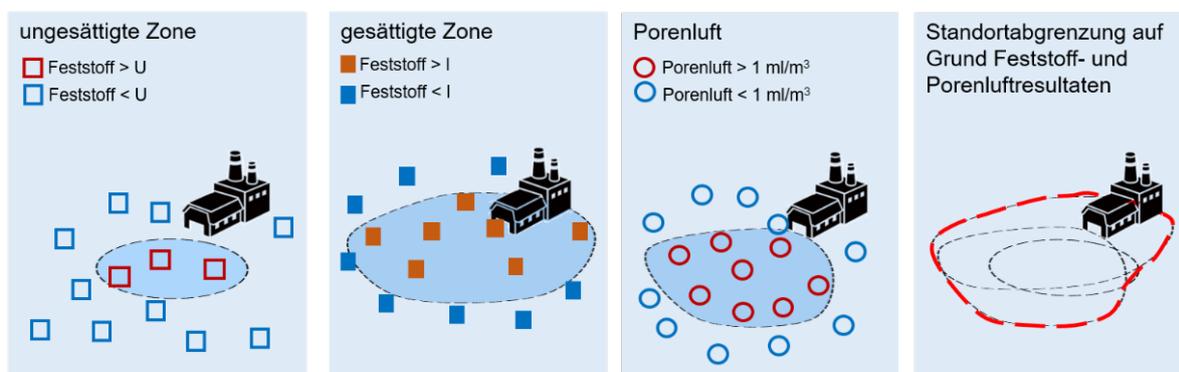
In Bezug auf die etablierten Referenzwerte erfüllt einzig die *Feststoffbeprobung* mit den VVEA-Werten die gewünschten Vorgaben. Diese Methode war allerdings aufgrund von Unsicherheiten bezüglich der Probenahme (z.B. Entgasung) bei CKW früher wenig anerkannt. Eine fundierte Betrachtung der Daten von mehreren neueren Untersuchungen zeigte allerdings, dass mit dieser Methode insbesondere bei den häufigsten CKW-Substanzen Perchlorethen, welches weniger flüchtig als Wasser ist, und Trichlorethen bei sorgfältiger Probenahme durchaus plausible und reproduzierbare Daten resultieren (vgl. Expertenbericht Untersuchungsmethoden). Diesem Verfahren wurde daher für die Kriterien-Festlegung ein hoher Stellenwert beigemessen, wobei die verbleibenden Unsicherheiten der Probenahme durch Kontrollmechanismen zu kompensieren waren.

Die *Porenluftbeprobung* ist bei CKW ein klassisches Erkundungsverfahren, welches oft eine kostengünstige Eingrenzung von Schadenherden erlaubt und mit Laboranalysen auch kalibrierte Messungen

liefert. Dieses Verfahren weist allerdings ebenfalls Unsicherheiten bei der Beprobung auf (gasundurchlässige Trennschichten, Probenverdünnung durch Kofferungen usw.) und standortbezogene Referenzwerte bestehen ebenfalls nicht. Aufgrund der überwiegenden Vorteile des Verfahrens überwiegen wurde dessen ein Einbezug der Porenluft in die Kriterien-Festlegung beschlossen.

Die *MIP-Untersuchung* ist in vielen Fällen ebenfalls ein geeignetes Erkundungsverfahren. Aufgrund der fehlenden Laboranalytik verbleiben aber bezüglich absoluter Werte relevante Unsicherheiten. Es kommt hinzu, dass die «Nachweisgrenzen» in Bezug auf einzelne Stoffe (z.B. Perchlorethen) recht hoch sind. Da auch keine behördlichen Referenzwerte existieren, wurde dieses Verfahren vorderhand nicht berücksichtigt. Sofern in Zukunft ausreichend Erfahrungen und Vergleichsuntersuchungen vorliegen, ist die Definition von MIP-spezifischen Standortkriterien aber denkbar.

Figur 5: Kombination der verschiedenen Untersuchungsverfahren resp. Betrachtungsbereiche bei der Standortabgrenzung (Merkblatt «Kriterien für die Abgrenzung bzw. Löschung von CKW-belasteten Standorten»)



Die Grundwasseruntersuchung ist für die Standortklassierung bezogen auf den Sanierungsbedarf das einzige anwendbare Verfahren (Art. 9 und 10 AltIV). Wie erwähnt ist die vorgängige Standortabgrenzung und damit Bestimmung des Abstrombereichs unmittelbar beim Standort dafür aber Voraussetzung. Als Eingrenzungsverfahren ist die Grundwasseruntersuchung nur in Ausnahmefällen einsetzbar, indem mit meist kleinkalibrigen Piezometern, «Schlürfpöben» aus Rammlanzen oder vergleichbaren Verfahren ein «Herantasten» an den Schadenherd erfolgt. Da die diesbezüglichen Analysen aber meist halbquantitativ bleiben und keine konkreten Referenzwerte existieren, ist damit eine eigentliche Standortabgrenzung nur selten möglich. Aufgrund der tiefen Nachweisgrenze und der Eigenschaft von CKW, dass sie bei vorhandenen Untergrundbelastungen im abströmenden Grundwasser fast immer nachweisbar sind, kommt diesem Verfahren in Bezug auf die Kontrolle resp. Plausibilisierung der anderen Erkundungsverfahren aber eine grosse Bedeutung zu.

2.2.8 Vorgehen bei der Festlegung der Kriterien-Werte

Die Festlegung der Standort-Kriterien gemäss *Tabelle 2* (vgl. auch Kriterienblatt im Anhang 1) erfolgte ohne eine wissenschaftliche Herleitung durch einen empirischen Ansatz. Es wurden durch die Mitglieder der Arbeitsgruppe rund ein Dutzend Beispielfälle zusammengetragen, bei welchen möglichst viele der genannten Untersuchungsverfahren angewendet worden waren. Basierend darauf wurde nach dem Prinzip «trial and error» überlegt, mit welchen Kriterien die gewünschten Vorgaben bei möglichst vielen Fällen bestmöglich erfüllt werden.

Tabelle 2: Feststoff- und Porenluft-Kriterien zur Standortabgrenzung von CKW-Standorten

Untersuchtes Medium	Kriterien Standortabgrenzung
Feststoff (FS) (Σ 7 LCKW gem. Anhang 3 u. 5 VVEA)	
→ Ungesättigte Zone	> 0.1 mg/kg (U-Wert)*
→ Gesättigte Zone (inkl. Schwankungsbereich)	> 1.0 mg/kg (I-Wert)**
Porenluft (PL) (Halogenierte KW gem. Anhang 2 AltIV)	> 1.0 ml/m ³

* Grenzwert gemäss VVEA Anhang 3 Ziffer 1 für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial (U-Wert)

** Grenzwert gemäss VVEA Anhang 5 Ziffer 2 für auf Typ B zugelassene Abfälle (I-Wert)

Es zeigte sich dabei, dass bei einer Beschränkung des Standortes auf Feststoffbelastungen über I-Qualität (Summe CKW < 1000 µg/kg gemäss Anhang 5 Ziffer 2 VVEA) eine zweckmässige Standortgrösse resultiert, bei welcher die Grundwasserbeprobung im Abstrombereich unmittelbar beim so definierten Standort die bisherigen Standortklassierungen mehrheitlich bestätigen, was im Sinne der Rechtssicherheit und -gleichheit zu begrüssen war. Andererseits wurden bei den Beispielfällen keine Hinweise festgestellt, dass die schwachen Belastungen (T- und I-Qualität) ausserhalb der neuen Standortbegrenzung eine wesentliche Umweltauswirkung aufweisen.

Da die grossflächige Schadstoffausbreitung bei CKW praktisch ausschliesslich mit dem Grundwasser erfolgt, sind die CKW-Feststoffgehalte im gesättigten Bereich (inkl. Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels) für die Standortausdehnung massgebend. Im ungesättigten Untergrund über diesen verschleppten Feststoffbelastungen (und auch über der Schadstofffahne) wurden in den betrachteten Beispielfällen keine Feststoffbelastungen über den U-Werten festgestellt.

Die Festlegung des U-Wertes als Feststoffkriterium für den ungesättigten Untergrund ist angesichts des I-Wertes im gesättigten Bereich, wo die Schadstoffe ja tendenziell eher besser freisetzbar sind und die Exposition des Grundwassers grösser ist, eher unlogisch. Diese Festlegung dieses Kriteriums erfolgte unter Inkaufnahme dieses Aspektes basierend auf folgenden pragmatischen Überlegungen:

- Aufgrund der geschilderten Stoffausbreitung wird dadurch die Standortausdehnung im Normalfall nicht grösser. Die Standortabgrenzung im ungesättigten Bereich weist mit dem U-Wert bereits die gemäss Art. 2 AltIV geforderte «beschränkte Ausdehnung» auf. Die «Abweichung vom Normalfall» ist hier somit nicht zwingend.
- Mit dem U-Wert im ungesättigten Bereich wird die Abfallproblematik entschärft, da die meisten Bauvorhaben nur den ungesättigten Untergrund tangieren. Bauvorhaben mit Einbauten ins Grundwasser sind gewässerrechtlich ohnehin bewilligungspflichtig, so dass die Behörden in Bezug auf die verschleppten schwachen CKW-Belastungen im gesättigten Bereich auch ohne KbS-Eintrag eine Handhabung in Bezug auf die Abfallproblematik haben.

Die *Porenluft-Kriterien* wurden in einem zweiten Schritt so festgelegt, dass diese in Bezug auf das Resultat bestmöglich mit der Standortabgrenzung der Feststoffbelastungen korrespondieren. Die gesammelten Beispiele zeigten, dass bei Porenluftwerten von über 1.0 ml/m³ (Summe halogenierte

Kohlenwasserstoffe gemäss Anhang 2 AltIV) signifikante CKW-Belastungen vorliegen, welche in der Regel einen Schadenherd markieren.

Bei Porenluftbelastungen zwischen 0.1 und 1.0 ml/m³ war die Zuordnung zum Standort in den betrachteten Beispielfällen hingegen unsicher, weshalb hier an der ChloroNet-Tagung 22. November 2012 ein zwingender Kontrollmechanismus mit einer Grundwasserbeprobung vorgeschlagen wurde. Die Idee dabei war, dass mit der Gewissheit einer einwandfreien Grundwasserbeprobung (< 1.0 µg/l je Einzelstoff, vgl. Kapitel 2.2.9) die Anforderung an die Porenluft um einen Faktor 10 reduziert werden kann (Kriterium > 1.0 statt > 0.1 ml/m³). Bei Porenluftbelastungen < 0.1 ml/m³ handelte es sich in den betrachteten Fällen um altlastenrechtlich kaum relevante Hintergrundbelastungen, wie sie u.a. auch durch Entgasung aus CKW-belastetem Grundwasser (Schadstofffahne) entstehen können.

Basierend auf den Rückmeldungen der ChloroNet-Tagung vom 22. November 2012 und einer Anhörung im Frühling 2013 wurde das Porenluft-Kriterium von der Projektoberleitung (POL) für die Standortabgrenzung auf ausschliesslich > 1.0 ml/m³ vereinfacht. Für einen Nicht-Eintrag resp. bei einer KbS-Entlassung (Kapitel 2.3) blieb die vorgeschlagene Zusatzregelung für den Übergangsbereich zwischen 0.1 und 1.0 ml/m³ und dem Zusatzkriterium der zwingenden Grundwasserbeprobung aus Vorsorgegründen aber bestehen.

2.2.9 Kontrollverfahren Grundwasserbeprobung

Aufgrund der Probenahme-Unsicherheiten der Feststoff- und Porenluftbeprobungen war insbesondere für die Stufe Voruntersuchung, wo die verfügbare Sondier- und Informationsdichte in der Regel noch vergleichsweise gering ist, ein griffiger Kontrollmechanismus zu definieren.

Dafür bot sich in messtechnischer Hinsicht die für eine Standortklassierung ohnehin notwendige Grundwasserbeprobung an, wobei zur Abgrenzung von Hintergrundbelastungen Differenzwerte zwischen Zu- und Abstrombereich zu betrachten sind. Der Schwellenwert von 1.0 µg/l (je Einzelstoff der flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe) für einen Standorteintrag wurde basierend auf dem Anhang 2 Ziffer 22 der Gewässerschutzverordnung definiert. Dieser sogenannte Indikatorwert definiert die Anforderungen an Grundwasser, welches zur Trinkwassergewinnung genutzt wird oder dafür vorgesehen ist. Höhere Belastungen sind dementsprechend zumindest als Beeinträchtigung der Grundwasserqualität zu betrachten und daher unerwünscht.

Die Festlegung dieses tiefen Wertes wurde in der Arbeitsgruppe kontrovers diskutiert. Dies vor allem wegen des Umstandes, dass bereits bei CKW-Spuren (z.B. 2 µg/l Tetrachlorethen) im Grundwasser zustromseitig der betreffenden Messstelle ein belasteter Standort vorhanden sein muss. Andererseits ist bei diesen Spurengehalten zumindest auf dieser Bearbeitungsstufe eine KbS-Entlassung nicht möglich. In diesem Zusammenhang wurde insbesondere von den Praxisvertretern der Arbeitsgruppe darauf hingewiesen, dass dieser Wert in vielen Grundwasserleitern im urbanen Umfeld grossflächig überschritten wird und die Differenzbetrachtung in der Praxis aufwändig (Zustrombohrungen erforderlich) sowie unsicher sei (grosse Konzentrationsunterschiede quer zur meist unsicheren Grundwasserflussrichtung). Unter Berücksichtigung der Probenahme- (Messstellenausbau, Pumpentiefe, Dauer Vorpumpen, Probentransport) und Messungenauigkeiten liegen derartige Gehaltsdifferenzen im Unsicherheitsbereich der Methode. Als weiteren nachteiligen Aspekt des tiefen GschV-Wertes wurde zudem der Umstand genannt, dass eine CKW-Sanierung resp. -Dekontamination bis unter diesen

Wert in vielen Fällen technisch gar nicht möglich sei. Damit wären Totaldekontaminationen mit Kbs-Entlassung technisch kaum mehr möglich.

Auf der anderen Seite war es insbesondere den Behördenmitgliedern der Arbeitsgruppe ein Anliegen, dass der Kontrollwert v.a. im Hinblick auf einen Nichteintrag in den Kbs und der auf Stufe Voruntersuchung noch unsicheren Datenlage aus vorsorglichen Gründen genügend tief gewählt wird. Im Weiteren stellte der GschV-Wert eine etablierte Referenzgrösse dar und die Erfindung von neuen Werten war möglichst zu vermeiden. Die Wahl des GschV-Wertes als Kriterienwert erfolgte nach eingehender Diskussion basierend auf einer Interessensabwägung bezüglich der erwähnten Vor- und Nachteile. Für den Nachteil bezüglich der Realisierbarkeit von Totaldekontaminationen wurde bei einer späteren Revision des Kriterienblattes noch eine gewisse Korrektur eingefügt (vgl. Kapitel 2.3).

Aufgrund der mehrfach erwähnten Methoden-Unsicherheiten der Feststoff- und der Porenluftbeprobung kann auf eine Grundwasserbeprobung bei CKW-Standorten nur in Ausnahmefällen verzichtet werden. Dies gilt insbesondere bei einer angestrebten Standort-Entlassung.

2.2.10 Kontrollmechanismus Plausibilisierung

Zusätzlich zur messtechnischen Kontrolle mittels Grundwasserbeprobung ist bei CKW-Standorten eine Plausibilisierung notwendig. Die Plausibilitätsbetrachtung sollte Berichtbestandteil einer Vor- und Detailuntersuchung sein. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob die Untersuchungsergebnisse nachvollziehbar und untereinander resp. mit der Historischen Untersuchung (HU) ein stimmiges Gesamtbild ergeben. Nachstehend folgen einige Beispiele für wenig plausible Resultate:

- Bei Feststoff- und Porenluft-Beprobungen werden keine CKW-Substanzen nachgewiesen, im abströmenden Grundwasser (Differenzbetrachtung) aber erhöhte CKW-Gehalte gemessen. *In diesem Fall ist davon auszugehen, dass die Feststoff- und Porenluftbeprobungen nicht am richtigen Ort (Lage oder Tiefe) ausgeführt worden sind und den Schadenherd nicht erfassen.*
- Bei Feststoff- und Porenluft- Beprobungen werden relevante CKW-Gehalte nachgewiesen, im abströmenden Grundwasser (geringer Flurabstand) werden aber keine CKW-Belastungen gemessen. *In diesem Fall ist zu vermuten, dass die beprobte Grundwassermessstelle nicht am richtigen Ort platziert ist und diese den effektiven Abstrombereich des Standortes nicht erfasst (z.B. seitliche Lage aufgrund abweichender Grundwasserflussrichtung).*
- Bei Feststoff-, Porenluft- und/oder Grundwasser-Beprobungen werden keine CKW-Substanzen nachgewiesen, gemäss der HU wurde am Standort aber während Jahrzehnten eine CKW-Entfettungsanlage betrieben. *Da bei relevanter CKW-Anwendung fast immer auch Belastungen vorhanden sind, ist der technische Befund nicht plausibel. Wenn aber nachweislich nur eine Handentfettung betrieben wurde, wäre das Ergebnis unter Umständen plausibel.*

Bei der Beurteilung der Nachvollziehbarkeit und der Plausibilität spielt auch die Sondierdichte eine grosse Bedeutung. Letztere ist stark vom Einzelfall abhängig (Schadstoffpotenzial, Exposition und Bedeutung Schutzgut usw.), weshalb bewusst auf eine diesbezügliche Festlegung verzichtet wurde.

Sofern die Nachvollziehbarkeit und Plausibilität der Untersuchungen nicht gegeben ist, sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

2.3 Nicht-Eintrag resp. Entlassung CKW-belastete Standorte aus dem Kbs

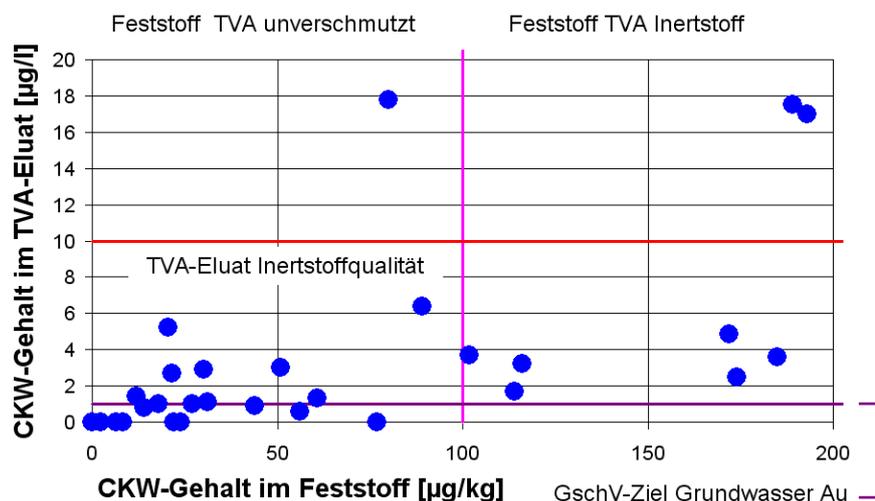
Die Definition von Kriterien für den Nicht-Eintrag resp. Löschung aus dem Kbs war nicht das primäre Ziel bei der Festlegung der Standortkriterien. Insbesondere aufgrund der in Kapitel 2.2.4 beschriebenen sekundären Anwendungen des Kbs bestand diesbezüglich aber ein grosser Klärungsbedarf.

Grundsätzlich sollten die Abgrenzungskriterien auch für den Nicht-Eintrag resp. die Löschung aus dem Kbs anwendbar sein. Für die **Phase Voruntersuchung** wurde dies auch so festgelegt, wobei bei einer mit einer Voruntersuchung angestrebten Kbs-Entlassung in der Regel höhere Anforderungen in Bezug auf die Sondierdichte und die Plausibilität gelten.

Bei einer Detailuntersuchung stellt sich die Frage nach der Entlassung nicht, da eine solche ja nur bei einem Sanierungsbedarf erforderlich ist, was wiederum eine Entlassung ausschliesst.

Wie erwähnt würde durch ein Festhalten der Kriterien zur Standortabgrenzung (insbesondere dem Grundwasser-Kontrollkriterium von 1 µg/l) auch für die Phase der Sanierung oder einer baubedingten Dekontamination eine Kbs-Entlassung praktisch verunmöglichen. Die *Figur 6* zeigt, dass CKW auch bei Feststoffgehalten unter dem U-Wert der VVEA von 100 µg/kg im Eluat signifikante CKW-Freisetzen möglich sind. Insbesondere bei Standorten mit eher geringem Grundwasserdurchfluss kann diese Schadstoffeigenschaft dazu führen, dass selbst bei Dekontaminationen bis zum U-Wert im Grundwasser immer noch CKW-Gehalte von mehr als 1 µg/l je Einzelstoff resultieren.

Figur 6: Vergleich Feststoffgehalte und Eluat-Werte an sandig-kiesigen Vergleichsproben, Datengrundlage und Auswertung Dr. Heinrich Jäckli AG



Zur Entschärfung dieses Dilemmas wurden im Rahmen der späteren Arbeitsgruppe Restbelastungen für «Härtefälle» in der **Phase nach einer Sanierung** resp. einer Dekontamination beim Bauvorhaben («man hat schon viel gemacht und kommt nicht mehr weiter») Lösungsansätze geprüft.

Nach einer Sanierung resp. einer Dekontamination im Rahmen eines Bauvorhabens (Erfüllung Art. 3 AltIV) ist der Wissensstand über noch vorhandene CKW-Belastungen wesentlich umfassender als auf Stufe Voruntersuchung. Einerseits dürfte die Sondierdichte wesentlich grösser sein und andererseits

liegen dann meist bereits längere Überwachungsreihen vor. Es kommt hinzu, dass eine KbS-Entlassung nur dann ein Thema ist, wenn das am Standort vorhandene Schadstoffpotenzial zum grössten Teil entfernt worden ist (vgl. Kapitel 6 Restbelastungen). Aufgrund dieser neuen Ausgangslage befand die Arbeitsgruppe Restbelastungen, dass ein Abweichen vom vorsorglich streng angesetzten GschV-Wert von 1 µg/l je Einzelstoff unter gewissen Voraussetzungen möglich sein sollte.

Die konkreten Voraussetzungen für ein Abweichen wurden in der Arbeitsgruppe z.T. kontrovers diskutiert. In der Grundsatzfrage, dass ein Abweichen erst nach der Durchführung von adäquaten und dem Stand der Technik entsprechenden Sanierungs- resp. Dekontaminationsmassnahmen möglich ist, wurde erst nach längeren Diskussionen ein Konsens gefunden. Eine Ausweitung auf die Phase Vor- oder Detailuntersuchung hätte dem Argument der verbesserten Datenlage widersprochen und hätte das ganze ursprüngliche Kriterien-Modell in Frage gestellt. Unbestritten war daher, dass für ein Abweichen eine genügende Kenntnis über die Art, Lage und Menge der noch vorhandenen Belastungen erforderlich und minimal die Unterschreitung der Feststoff- und Porenluftkriterien für die Standortabgrenzung plausibel nachzuweisen ist.

In Bezug auf das Feststoffkriterium für den gesättigten Untergrund von 1.0 mg/kg (I-Qualität) bestanden z.T. unterschiedliche Ansichten. Es wurde diskutiert, ob dieses Kriterium für eine KbS-Entlassung ausreicht oder ob eine zwingende Dekontamination bis auf die U-Werte zu fordern sei. Letzteres wurde z.B. im Kanton Zürich schon so praktiziert und wurde auch an der Fachtagung vom 22. November 2012 so präsentiert. Verschiedene Tagungsteilnehmer und Arbeitsgruppenmitglieder wiesen in der Folge darauf hin, dass eine strengere Anforderung (U-Wert generell) für die Entlassung gegenüber einer weniger strengen Anforderung beim Eintrag (I-Wert im gesättigten Bereich) u.a. aufgrund einer ungenügenden Rechtsgleichheit nicht haltbar sei. Im Nachgang der Tagung wurde die diesbezügliche Vorgabe daher auf «mindestens I-Qualität» (gesättigter Bereich) korrigiert. Gleichzeitig wurde im Kriterienblatt aber darauf hingewiesen, dass mit einer Dekontamination bis auf die U-Werte für die Erfüllung der meist kritischeren Anforderungen im abströmenden Grundwasser (siehe unten) eine wesentlich grössere Wahrscheinlichkeit bestehe.

Bezüglich der CKW-Gehalte im Abstrombereich unmittelbar beim Standort bestand von Beginn weg ein Konsens darüber, dass der Nachweis einer nachhaltig sinkenden oder konstanten Tendenz zu erbringen ist. Die Art dieses Nachweises (z.B. Dauer der Überwachung nach Sanierungsabschluss) ist einzelfallabhängig, weshalb diesbezüglich bewusst keine Vorgaben gemacht wurden. Die noch zulässigen maximalen CKW-Gehalte im Grundwasser wurden hingegen kontrovers diskutiert. Aus formalen altlastenrechtlichen Gründen hat sich dabei die Vorgabe durchgesetzt, dass für eine Entlassung im Minimum keine altlastenrechtliche Massnahme mehr erforderlich sein darf. Dies bedeutet, dass die Grundwassergehalte die Vorgaben gemäss AltIV Art. 9 Abs. 1 lit. b oder d und Art. 10 Abs. 1 lit. b unterschreiten müssen (< Überwachungsbedarf).

2.4 Überprüfung der Kriterien

Die Kriterien wurden, wie erwähnt, erstmals an der Tagung vom 22. November 2012 präsentiert. In der Folge fanden in verschiedenen Kantonen Überprüfungen der Kriterien an aktuellen Fallbeispielen statt. Es zeigte sich dabei, dass die Kriterien in der Praxis anwendbar sind und mehrheitlich zu stimmigen Resultaten führen. Abgesehen von den genannten Anpassungen, welche primär aus formaljuristischen Gründen und zur Verbesserung der Verständlichkeit erfolgten, drängten sich bis heute keine wesentlichen Änderungen auf.

3 Sanierungszielanpassung

3.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

Die Prüfung des Spielraums für Sanierungszielanpassungen erfolgte zwar im generellen Rahmen der Arbeitsgruppe Risikomanagement, konkret bearbeitet wurde dieses eher juristische Thema jedoch primär durch die BAFU-Vertreter sowie durch beigezogene, BAFU-interne Juristen und Grundwasserfachleute in mehreren Phasen. Die Resultate wurden in der Arbeitsgruppe präsentiert, eine vertiefte Diskussion darüber fand jedoch nicht statt.

3.2 Problemstellung

Die Abweichung vom Sanierungsziel (Art. 15 AltIV) ist unter Umständen sinnvoll und daher gemäss AltIV vorgesehen. Die Voraussetzungen für eine Abweichung sind im Vollzugshilfemodul eingehend beschrieben, weshalb hier nicht im Detail darauf eingegangen wird.

Während im Gewässerschutzbereich üB diesbezüglich ein Spielraum besteht, verunmöglicht die in Art. 15 AltIV für den Gewässerschutzbereich Au geforderte Gewährleistung der Nutzbarkeit des Grundwassers Sanierungszielanpassungen. Dies ist deshalb der Fall, weil die regulären Sanierungszielwerte des halben Konzentrationswertes (Art. 9 AltIV, z.B. bei Perchlorethen 20 µg/l) bereits über der für die Nutzbarkeit gemäss Gewässerschutzverordnung vorgegebenen Grenze von 1 µg/l je Einzelstoff (Anhang 2 Ziffer 22 GSchV) liegt. Eine Anhebung des Sanierungszielwertes war damit von den Schadstoffkonzentrationen her betrachtet für CKW kaum möglich.

3.3 Lösungsansatz

Da von der Schadstoffkonzentration her keine Abweichung möglich war, blieb als Lösungsansatz die Definition bezüglich der Nutzbarkeit von Grundwasser. In der Arbeitsgruppe wurde in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass die Kantone bei der Ausscheidung der Gewässerschutzbereiche z.T. recht unterschiedlich vorgegangen sind. Zahlreiche Kantone haben relativ grosszügig auch Randgebiete ohne technisch nutzbares Grundwasser dem Gewässerschutzbereich Au zugeordnet. Dieses Vorgehen basierte auf der Vorgabe in Wegleitung Grundwasserschutz (BAFU 2004, Kapitel 2.2.2), wonach die Gewässerschutzbereiche Au die nutzbaren Grundwasservorkommen *und die zum Schutz notwendigen Randgebiet* umfassen sollen. Streng genommen ist das in diesen Randgebieten vorhandene Grundwasser (oft nur geringmächtiges Hangsickerwasser) aus technischer Sicht (Durchlässigkeit, Ergiebigkeit oder natürliche Qualitätsbeeinträchtigungen wie z.B. zu hoher Eisen- oder Mangan-Gehalt) für die Trinkwassernutzung nicht geeignet. Gemäss dem Wortlaut von Art. 15 AltIV bestand hier somit ein gewisser Handlungsspielraum.

Nach Rücksprache mit den amtsinternen Grundwasser-Fachleuten wurde vom BAFU schliesslich beschlossen, dass im Gewässerschutzbereich Au eine Unterscheidung zwischen «genutztem und zur Nutzung vorgesehenem Grundwasser» und dem restlichen Gebiet des Gewässerschutzbereiches Au möglich ist. Als Kriterium für das «*genutzte und zur Nutzung vorgesehene Grundwasser*» wurden die planerischen Instrumente Grundwasserschutzzonen, Grundwasserschutzareale sowie deren Zustrombereiche Zu resp. Einzugsgebiete vorgeschlagen. Grundwasserschutzzonen und -areale sind in der Schweiz grösstenteils ausgeschieden. Zustrombereiche Zu wurden bisher jedoch nur für einzelne

Fassungen ausgeschieden. Immerhin ist das dafür notwendige Vorgehen in der Wegleitung Grundwasserschutz definiert (Kapitel 2.2.3). Demgemäss umfasst der Zustrombereich Zu das Gebiet, aus welchem etwa 90 % des Grundwassers stammen, das zu einer bestehenden (Schutzzone) oder geplanten Grundwasserfassung (Schutzareal) gelangt. Wo ein solches Gebiet nicht oder nur mit grossem Aufwand bestimmt werden kann, soll dieses das gesamte Einzugsgebiet umfassen. Einzugsgebiete (EZB) sind hydrogeologisch definiert. Innerhalb dieser Gebiete ist gemäss BAFU-Vorschlag bei CKW nach wie vor keine Sanierungszielanpassung möglich.

Im *restlichen Gebiet des Gewässerschutzbereiches Au* wären gemäss diesem ersten Vorschlag Sanierungszielanpassungen bis zum ganzen Konzentrationswert gemäss AltIV möglich, sofern auch die übrigen kumulativen Bedingungen gemäss AltIV Art. 15 erfüllt sind. Der maximale Spielraum würde hier somit einer Verdoppelung des Sanierungszielwertes entsprechen.

4 Sanierungsunterbruch

4.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

Das Thema des Sanierungsabbruches resp. -unterbruches wurde zwischen 1/2014 und 6/2014 im Rahmen der Arbeitsgruppe Risikomanagement bearbeitet (vgl. Kapitel 2.1).

4.2 Problemstellung

Bei CKW-Sanierungen tritt es häufiger als bei anderen Schadstoffen auf, dass die Sanierungsziele trotz umfangreicher Sanierungsmassnahmen nicht erreicht werden. Gerade bei In Situ-Sanierungen nimmt die Effektivität oft mit zunehmender Sanierungsdauer deutlich ab, so dass ein ungünstiges Verhältnis zwischen Sanierungsaufwand und entfernter Schadstofffracht entsteht. In der Vergangenheit wurden bei derartigen Standorten die Massnahmen nach einer gewissen Zeit oft ohne eine umfassende Zwischenbeurteilung eingestellt, was dann in der Regel als «Sanierungsabbruch» bezeichnet wurde. Der weitere Umgang mit diesen Standorten war bisher in den Kantonen recht unterschiedlich. Teilweise wurden derartige Standorte, insbesondere nach langen und aufwändigen Sanierungsmassnahmen, auf «überwachungsbedürftig» oder gar auf nur «belastet» zurückgestuft. Einzelne Standorte wurden früher gar aus dem KbS entlassen.

Die unterschiedliche Handhabung ist u.a. darauf zurückzuführen, dass keine Entscheidungskriterien für die Beurteilung dieser Situation bestanden. Ziel der Arbeitsgruppe war es deshalb, entsprechende Entscheidungshilfen vorzuschlagen.

4.3 Lösungsansatz

4.3.1 Definition, Rahmenbedingungen

Da die erwähnten Standorte altlastenrechtlich nach wie vor sanierungsbedürftig sind, wurde in der Arbeitsgruppe der treffendere Begriff «Sanierungsunterbruch» definiert (Tabelle 3), welcher an Stelle des unklaren Begriffes des «Sanierungsabbruches» zu verwenden ist.

Die weiteren in der Tabelle 3 definierten Rahmenbedingungen ergaben sich durch eine Anwendung der vorhandenen gesetzlichen Rahmenbedingungen und logischen Überlegungen.

Tabelle 3: Definitionen Sanierungsunterbruch (Auszug aus Merkblatt in Anhang 2)

Definition

Bei einem Sanierungsunterbruch wird trotz Vorliegens eines Sanierungsbedarfs nach Art. 9-12 AltIV auf die Anordnung von weiteren Sanierungsmassnahmen verzichtet.

Dauer

Auf die Anordnung von weiteren Sanierungsmassnahmen wird solange verzichtet, bis

- wesentliche neue Erkenntnisse über den Standort vorliegen (Schadstoffverteilung etc.), oder
- die Ergebnisse der Überwachung darauf hinweisen, dass eine neue Gefährdungsabschätzung vorgenommen werden muss, oder
- eine Zustandsänderung (z.B. bauliche Veränderung) stattfindet, welche entweder einen Eingriff in die Belastung darstellt oder eine neue Zugänglichkeit zur Belastung ermöglicht, oder
- eine neue geeignete Sanierungstechnik zur Verfügung steht, oder
- aufgrund einer Veränderung der Marktbedingungen eine bisher als wirtschaftlich nicht tragbar eingestufte Sanierungstechnik zu günstigeren Konditionen verfügbar wird.

Solange keines der genannten Kriterien erfüllt ist, kann der Verzicht auf Sanierungsmassnahmen nicht widerrufen werden.

Altlastenrechtliche Beurteilung

Während der Dauer des Sanierungsunterbruchs wird der Standort weiterhin als sanierungsbedürftig klassiert. Dabei besteht gemäss Art. 13 Abs. 2 lit. b AltIV ein Überwachungsbedarf.

4.3.2 Kriterien für einen Sanierungsunterbruch

Die Frage, wann ein Sanierungsunterbruch in Betracht gezogen werden kann, wurde in der Arbeitsgruppe intensiv diskutiert. Dabei zeigte sich, dass angesichts der Vielfältigkeit der Standortverhältnisse eine Definition von scharfen Kriterien nicht möglich ist. Da dennoch der Wunsch nach einer Vereinheitlichung bestand, wurde ein Merkblatt mit Mindestanforderungen sowie einer Checkliste der bei diesem Beurteilungsschritt zusätzlich zu betrachtenden Kriterien definiert (Anhang 2).

Die harten Mindestanforderungen sollen zumindest «gegen unten» im Sinne der Rechtsgleichheit zu einer gewissen Vereinheitlichung des Vollzugs führen. Die Kriterien-Checkliste soll darüber hinaus aber weiterhin den notwendigen Spielraum für einzelfallbezogene Bewertungen lassen. Diesbezüglich wurde eine Anleitung erarbeitet, welche Auskunft über das generelle Vorgehen sowie qualitativ eine mögliche Wertung der einzelnen Kriterien gibt. Dabei gilt es, ähnlich wie bei der Interessenabwägung im Raumplanungs- und Umweltrecht, eine Vielzahl von Argumenten, die entweder pro oder contra ausfallen können, aufzulisten, einander gegenüberzustellen, zu gewichten und abzuwägen, und gestützt darauf zu einem Gesamtergebnis zu gelangen.

Figur 7: Plakative Visualisierung einer möglichen Gesamtbewertung (Vortrag L. Lehmann, ChloroNet-Tagung vom 20.11.2014)



Das an der ChloroNet-Tagung vom 26. November 2015 vorgestellte Merkblatt mit den Mindestanforderungen und der Kriterien-Checkliste für den Sanierungsunterbruch wurde insbesondere durch kantonale Behördenvertreter begrüsst. Dies insbesondere, weil es die Herleitung derartiger Beurteilungen vereinheitlicht und für Dritte nachvollziehbarer macht.

4.3.3 CKW-Fracht als Kriterium für einen Sanierungsunterbruch

Die CKW-Fracht ist bei der Beurteilung eines Sanierungsunterbruchs ein wichtiges Kriterium. Diesbezüglich wurde in einer separaten Arbeitsgruppe ein mögliches Bewertungsinstrument erarbeitet, welches ebenfalls verschiedene Kriterien miteinander kombiniert und eine qualitative Gesamtbewertung zulässt. Das Bewertungsinstrument sowie dessen Anwendung werden im Expertenbericht Fracht beschrieben.

4.3.4 Verhältnismässigkeit als Kriterium für einen Sanierungsunterbruch

Die Verhältnismässigkeit ist ein Grundprinzip, welches bei jedem Handeln des Staates gilt. So muss eine geforderte Massnahme a) zur Zielerreichung geeignet, b) zur Zielerreichung notwendig und c) in Bezug auf den Eingriffszweck und die Eingriffswirkung verhältnismässig sein.

Die Notwendigkeit der Zielerreichung (b) ist durch den vorhandenen Sanierungsbedarf gegeben, sofern eine Abweichung vom Sanierungsziel nach Art. 15 AltIV nicht möglich ist.

Die Beurteilung der Eignung einer Massnahme (a) erfolgt im Rahmen einer Varianten-Evaluation (vgl. Vollzugshilfemodul «Evaluation von Sanierungsvarianten», [5]). Beim Sanierungsunterbruch ist eine solche analog dem Sanierungsprojekt für allfällige weitergehende Sanierungsmassnahmen durchzuführen resp. den neuen Erkenntnissen anzupassen.

Für die Beurteilung der Verhältnismässigkeit existieren keine konkreten Kriterien. Auch die vorliegenden Gerichtsurteile lassen noch keine Leitlinien ableiten. Generell ist für die Beurteilung eine Gesamtbetrachtung von verschiedenen Kriterien erforderlich. In Bezug auf die Rechtsprechung ist bemerken, dass das öffentliche Interesse am Schutzgut Grundwasser von den Gerichten generell sehr

hoch eingestuft wird und den Sanierungskosten meist nur in Härtefällen eine signifikante Bedeutung zugesprochen wird. Die absoluten Sanierungskosten lassen somit keine Schlüsse zu.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe Risikomanagement wurden mögliche alternative Ansätze für die Bewertung der Verhältnismässigkeit diskutiert. Im Vordergrund stand dabei eine Referenzierung in Bezug auf die geforderte Eignung einer Massnahme (a) und der Eingriffswirkung (Effizienz). Dafür drängt sich das Aufwand-Nutzen-Verhältnis als Referenzgrösse auf. Sowohl beim Aufwand (z.B. Energieverbrauch, Umweltbelastungspunkte oder Kosten) als auch beim Nutzen (z.B. Reduktion Konzentration, Frachtreduktion oder Reduktion Schadstoffpotenzial) sind grundsätzlich viele Betrachtungsgrössen denkbar. Die meisten Grössen sind jedoch nur schwierig zu ermitteln und daher ungenau, weshalb auch verlässliche Datensätze für eine Referenzierung fehlen.

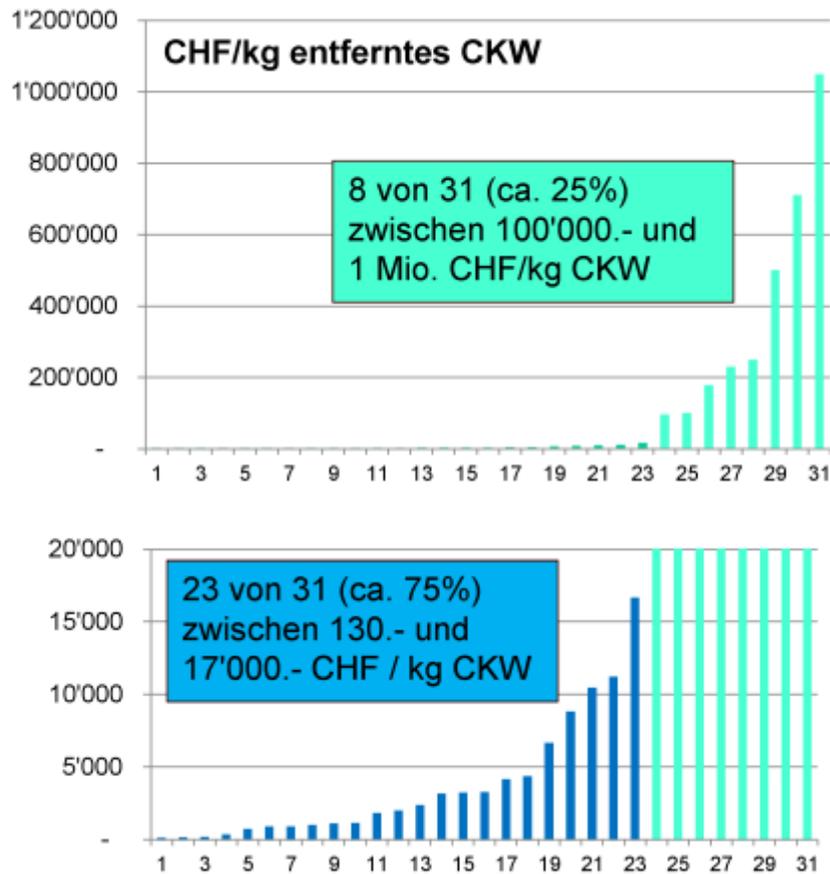
Aus Deutschland liegen Aufwand-Nutzen-Betrachtungen in Form von Kosten pro Kilogramm entfernter CKW vor (z.B. Hans Dieter Stupp, Albrecht Bakenhus, Ralph Stauffer, Dietmar Lorenz; Altlasten Spektrum 1/2006, S. 84-92). Demgemäss sind bei einem Teil der Sanierungen die Gesamtkosten pro Kilogramm CKW um Grössenordnungen höher als bei anderen. Typischerweise nehmen bei In Situ-Sanierungen die Kosten pro Kilogramm CKW mit zunehmender Sanierungsdauer zu.

Vergleichbare Daten fehlen in der Schweiz. Um das hier vorhandene Spektrum zu ermitteln, wurde von den Arbeitsgruppenmitgliedern eine kleine Umfrage durchgeführt. Dabei wurden Daten von 31 CKW-Sanierungen zusammengetragen (*Figur 8*). Es handelte sich dabei allerdings um sehr unterschiedliche CKW-Sanierungen (verschiedene CKW-Substanzen, Kombinationen mit anderen Schadstoffen, verschiedene Sanierungsmethoden, abgeschlossene und laufende Sanierungen, baubedingte Dekontaminationen usw.). Die heterogenen Daten sind daher in keiner Art und Weise repräsentativ.

Trotzdem zeigen die Daten analog den Auswertungen aus Deutschland ein sehr grosses Spektrum, wobei die Kosten pro Kilogramm CKW in der Schweiz generell wesentlich höher sind. Anhand dieses Referenz-Datensatzes kann der Einzelfall nun mit dem in der Schweiz vorhandenen Spektrum verglichen und zumindest qualitativ bewertet werden.

Zu Verbesserung der Datenlage hat die Arbeitsgruppe vorgeschlagen, dass derartige Erhebungen systematisch durchgeführt werden sollten (z.B. im Rahmen von VASA-Abgeltungen).

Figur 8: Resultate einer nicht-repräsentativen Umfrage bezüglich der Sanierungskosten pro Kilogramm entfernter CKW (aus Vortrag D. Bürgi, ChloroNet-Tagung vom 20.11.2014)



5 Frachtbetrachtungen

5.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

Frachtbetrachtungen sind ein wesentliches Kriterium bei der Beurteilung eines Sanierungsunterbruchs (Kapitel 4). Von dieser Fragestellung ausgehend wurde die separate Arbeitsgruppe Fracht beauftragt, Lösungsansätze für Frachtanwendungen zu prüfen. Die Bearbeitung erfolgte parallel zu den Arbeiten der Arbeitsgruppe Risikomanagement betreffend den Sanierungsunterbruch im Jahr 2013 an 7 Arbeitssitzungen. Die Resultate dieser Arbeitsgruppe wurden im Bericht Frachtbetrachtungen [4] dokumentiert, weshalb nachstehend einzig einige Hintergrundaspekte erläutert werden.

5.2 Genereller Rahmen

Frachtbetrachtungen sind in verschiedenen Ländern (z.B. Frankreich oder z.T. Deutschland) ein konkretes Kriterium für die Beurteilung eines Sanierungsbedarfes. Der Umfang einer Schadstoffemission fliesst damit direkt in die Entscheidung bezüglich Sanierungsmassnahmen ein. In der Schweiz fokussiert die Altlastenverordnung zumindest in numerischer Hinsicht hingegen fast vollumfänglich auf Konzentrationswerte im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes und in betroffenen Fassungen. Die Fracht wird nur in qualitativer Hinsicht im Rahmen der Beurteilung der Ziele und der Dringlichkeit einer Sanierung konkret erwähnt (Art. 14 AltIV). Im Rahmen der Arbeitsgruppe Fracht wurden die Vor- und Nachteile dieser verschiedenen Ansätze diskutiert.

Die Referenzierung über Konzentrationswerte hat klar den Vorteil, dass sie vergleichsweise einfach und vor allem direkt messbar ist. Eine Bewertung ist bereits mit einer einzelnen oder zumindest einer geringen Anzahl an Messstellen im unmittelbaren Abstrombereich des Standortes mit einer Messgenauigkeit von schätzungsweise 10–20% möglich. Im Gegensatz dazu müssen für Frachtabschätzungen in der Regel eine grössere Anzahl von Messstellen auf Betrachtungsquerschnitten errichtet und aufwändige Pumpversuche durchgeführt werden (z.B. auch Immissionspumpversuche). Trotz diesem grossen finanziellen Aufwand verbleiben bei der Frachtabschätzung aufgrund der zahlreichen mitbestimmenden Faktoren in der Regel immer noch grosse Unsicherheiten, welche nicht selten um mehr als eine Grössenordnung von der Realität abweichen können. Die grossen Unsicherheiten sind in der Regel auf die in der Schweiz meist grosse Heterogenität der Grundwasserleiter zurückzuführen (starke Variation der hydraulischen Durchlässigkeiten, Grundwassermächtigkeiten, Fliessrichtungen usw.).

Der grosse Nachteil der alleinigen Bewertung mit Konzentrationswerten ist, dass der Umfang einer Schadstoffemission nicht direkt in die Standortklassierung einfliesst. So wird z.B. ein CKW-Standort A mit einem Abstromwert von 40 µg/l an Tetrachlorethen in mehrheitlich feinkörnigen Deltaablagerungen, welche aufgrund der Lage als «zum Schutz notwendiges Randgebiet» dem Gewässerschutzbereich Au zugeteilt sind, identisch klassiert wie ein Standort B mit demselben Abstromwert in einem nutzbaren Grundwassergebiet mit einer gesättigten Schottermächtigkeit von z.B. 10–20 m. Der frachtbezogen vorhandene Unterschied von mehreren Grössenordnungen wird dabei nicht berücksichtigt. Besonders relevant wird es, wenn beim Standort B aufgrund der grossen Verdünnung nur geringe Konzentrationswerte von z.B. 5–10 µg/l Tetrachlorethen unter den Sanierungswerten vorliegen, obwohl die jährliche Fracht z.B. mehr als 10 kg beträgt. Demgegenüber dürfte der Standort A mit einer Fracht von z.B. deutlich weniger als 1 kg CKW/Jahr aufgrund der wegen fehlender Verdünnung immer noch hohen Konzentrationswerte aufweisen und deshalb sanierungsbedürftig bleiben.

Bei der eigentlichen Standortklassierung gemäss AltIV wird in der Regel auch das Schadstoffpotenzial am Standort nicht berücksichtigt. Es ist für die Festlegung eines Sanierungsbedarfes meist nicht relevant, ob nur 10 oder 1000 kg CKW im Schadenherd vorhanden ist.

Spielraum bezüglich Fracht und Schadstoffpotenzial würde allenfalls der Art. 9 Abs. 2 Lit. d geben, dessen Anwendung jedoch in der Praxis v.a. wegen der unklaren Voraussetzungen sehr selten ist. Wie erwähnt müssen derartige Standortunterschiede in der Bewertung der Ziele und Dringlichkeit von Massnahmen berücksichtigt werden. Dabei ist zu erwähnen, dass der diesbezügliche Spielraum aber nur noch vergleichsweise klein ist und im Ermessensbereich der Behörden liegt. Letzterer ist für die Standorteigentümer, Bauherren und Planer ein schwierig planbarer Faktor.

Die obigen Überlegungen wurden bereits bei der Erarbeitung der Altlastenverordnungen gemacht. Die damalige Abwägung der Vor- und Nachteile hat ergeben, dass die Vorteile einer konzentrationsbezogenen Bewertung klar überwiegen. Dies war vermutlich auch deshalb der Fall, weil die genannten Nachteile bezogen auf das gesamte Spektrum der belasteten Standorte mit vielen wenig mobilen Substanzen insgesamt weniger stark ins Gewicht fallen als bei den CKW-Standorten allein.

5.3 Lösungsansätze ChloroNet

Die im Expertenbericht Frachtaberschätzungen dargelegten Lösungsansätze basieren u.a. auf der Vorgabe gemäss Kapitel 1.3, dass die im ChloroNet erarbeiteten Lösungsansätze im bestehenden gesetzlichen Rahmen liegen müssen. Die in Kapitel 5.2 erläuterten ausländischen Modelle kamen daher für die Schweiz nicht in Frage.

Abgesehen von Begriffsdefinitionen werden im Expertenbericht die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Frachtbetrachtungen in der Schweiz aufgezeigt. Mit dem in der Arbeitsgruppe entwickelten Bewertungsmodell wurde ausserdem ein Instrument für die Beurteilung der Ziele und Dringlichkeit sowie als eine Entscheidungsgrundlage für die Beurteilung eines Sanierungsunterbruches vorgeschlagen.

6 Umgang mit Restbelastungen

6.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

Die Fragestellungen der Restbelastungen wurden ebenfalls durch die Arbeitsgruppe Risikomanagement bearbeitet. An 7 Arbeitssitzungen zwischen Mai 2015 und März 2016 wurden Fallbeispiele diskutiert sowie Lösungsansätze gesucht, welche an der ChloroNet-Tagung vom 24. November 2016 präsentiert wurden. Die Resultate werden in einem separaten Expertenbericht [6] dokumentiert, weshalb nachstehend nur ergänzend auf einige der wesentlichen Überlegungen eingegangen wird.

6.2 Begriffsdefinitionen

Restbelastungen

Der Begriff «Restbelastung» wird in der Altlastenbearbeitung und auch in anderen Umweltbereichen vielfältig verwendet. In einem ersten Schritt wurde der Begriff deshalb bezogen auf CKW-belastete Standorte definiert. Der Begriff impliziert eine Aktion, bei welcher ein (meist geringer) Teil der ursprünglichen Gesamtbelastung übrigbleibt. Im Normalfall handelt es sich bei dieser Aktion um Sanierungs- oder Dekontaminationsmassnahmen, welche nicht zur vollständigen Schadstoffentfernung führen (Teilsanierung oder Teildekontamination eines belasteten Standortes).

Im Zusammenhang mit den ChloroNet-Standortkriterien wird der Begriff neu auch auf den Akt der Standortabgrenzung übertragen. Durch die Abgrenzung verbleiben ausserhalb des Standortes «nicht-katasterrelevante Belastungen» (*Kapitel 2.2*). Es handelt sich dabei einerseits um mit dem Grundwasser verschleppte, diffuse CKW-Feststoffbelastungen im gesättigten Untergrund (*Kapitel 2.2.2*). Andererseits sollen dazu auch die im Grundwasser gelösten CKW-Belastungen der Schadstofffahne gehören. Diese *erweiterte Begriffsanwendung* erfolgte primär aus Gründen der Einfachheit, da dadurch kein neuer Begriff eingeführt werden musste. Der eingebürgerte Begriff der «Restbelastungen» hatte zudem den Vorteil, dass er im allgemeinen Verständnis die Eigenschaften dieser verschleppten Belastungen recht gut abbildet. Aufgrund der unterschiedlichen Entstehung und Handhabung bedingte die erweiterte Begriffsanwendung allerdings eine klare Unterscheidung zwischen «Restbelastungen innerhalb des Standortes» und «Restbelastungen ausserhalb des Standortes».

Schadstofffahne, Hintergrundbelastung

Verschleppte Feststoffbelastungen werden aufgrund ihrer ähnlichen Lage und Form (gesättigter Untergrund im Abstrombereich) oft mit der Schadstofffahne verwechselt, welche ausschliesslich die gelöst im Grundwasser von einem Standort abströmenden CKW umfasst. Es drängte sich deshalb auch eine einheitliche Definition für den Begriff «Schadstofffahne» auf (vgl. auch *Figur 1* in *Kapitel 2.2*). Diese Unterscheidung ist u.a. deshalb von Bedeutung, weil eine CKW-Fahne ohne Schadstoffnachschieb vom Schadenherd mit dem Grundwasser relativ rasch abströmt und verschwindet. Demgegenüber bleiben verschleppte Feststoffbelastungen über Jahrzehnte oder länger erhalten und können zu CKW-Emissionen ins Grundwasser führen («Ausbluten»).

Das für die «Schadstofffahne» gewählte Begrenzungskriterium von $1\mu\text{g/l}$ je Einzelstoff CKW wurde pragmatisch gewählt, da einerseits diese numerische Anforderung gemäss Anh. 2 Ziff. 22 GSchV für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, bereits existiert. Anderer-

seits liegt diese Anforderung in einem Grössenbereich, welcher in Bezug auf die Grundwasserbeprobung und chemischen Wasseranalysen als gerade noch «zuverlässig messbar» zu bezeichnen ist. Bei Schadstoffgehalten in Fassungen beschränkt sich demgegenüber die Messgenauigkeit im Wesentlichen auf die Wasseranalytik und ist heutzutage daher wesentlich kleiner, weshalb die hier für den Stoffnachweis gemäss Art. 9 Abs. 2 Lit. vorgegebene Bestimmungsgrenze Sinn macht.

Eine Schadstofffahne bezieht sich auf den zu betrachtenden Schadenherd resp. belasteten Standort (Betrachtungsgegenstand). Bei mehreren Standorten können mehrere Schadstofffahnen auftreten, die sich überlagern. Für standortbezogene Analysen sind dann sogenannte Differenzbetrachtungen erforderlich (Differenz Abstrom-Zustrom).

Der Begriff der «Hintergrundbelastung» wird ebenfalls im Zusammenhang mit einer standortspezifischen Betrachtung (Betrachtungsgegenstand) verwendet. Er umfasst alle gelösten CKW-Belastungen, welche nicht vom zu betrachtenden Standort stammen, sondern diesem mit dem Grundwasser zuströmen. Es handelt sich dabei in erster Linie diffuse Belastungen, die keinem Standort bzw. keiner Schadstofffahne zugeordnet werden können (beispielsweise grossräumige Belastungen in Grundwasserströmen). Sofern diese Belastungen einem Drittstandort im Zustrombereich zugeordnet werden können, stellen sie für den zu betrachtenden Standort (Betrachtungsgegenstand) ebenfalls eine «Hintergrundbelastungen» dar. Bezogen auf den ursächlichen Drittstandort (nicht Betrachtungsgegenstand) sind sie jedoch Bestandteil von dessen Schadstofffahne. Diese Differenzierung ergibt sich auch dem Altlastenrecht, dessen Betrachtungen immer auf einen konkreten Standort bezogen sind (Betrachtungsgegenstand).

6.3 Restbelastungen innerhalb des Standortes

Der Umgang der Restbelastungen innerhalb des Standortes ergibt sich aus der normalen Altlastenbearbeitung auf belasteten CKW-Standorten. In Abhängigkeit von ihrem Umfang erfolgen eine Anpassung der Standortbegrenzung gemäss Kapitel 2.2 und gegebenenfalls eine altlastenrechtliche Neuklassierung. Dabei müssen je nach Klassierung weitere Sanierungsmassnahmen (Sanierungsunterbruch, Kapitel 4) oder Überwachungsmassnahmen geprüft werden. Wenn die Anforderungen gemäss Kapitel 2.3 erfüllt und nur noch schwache Restbelastungen ohne KbS-Relevanz vorhanden sind, kann eine Entlassung in Betracht gezogen werden.

6.4 Restbelastungen ausserhalb des Standortes

Generelles

Der Umgang der Restbelastungen ausserhalb des Standortes (verschleppte Feststoffbelastungen im, gesättigten Untergrund bis maximal I-Wert und Schadstofffahne) ist wesentlich weniger klar definiert, da diese Belastungen nicht mehr Bestandteil des belasteten Standortes sind, obwohl sie von diesem stammen. Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, war dies ein in Kauf zu nehmender Nachteil der gewählten Kriterien für die Standortabgrenzung. Es waren daher auch für den Umgang mit diesen Belastungen durch die Arbeitsgruppe möglichst kompatible Lösungsansätze zu finden.

In der intensiven und z.T. kontrovers geführten Diskussion zeigte sich, dass der Umgang mit Restbelastungen ausserhalb des Standortes auch juristische Aspekte und Fragen der Kostentragung umfasst,

welche in der Arbeitsgruppe nicht abschliessend beurteilt werden können. Nachfolgend werden einige der gemachten Überlegungen ohne Anspruch auf deren juristische Belastbarkeit dokumentiert.

Überlegungen zu den Zuständigkeiten

Die Restbelastungen ausserhalb des Standortes sind nicht Bestandteil desselben und dürften damit bereits aus formaljuristischen Überlegungen nicht den altlastenrechtlichen Anforderungen unterliegen (Sanierungs- oder Überwachungsbedarf). Eine altlastenrechtliche Klassierung wäre zudem aus praktischen Überlegungen höchstens teilweise und nur erschwert möglich:

- Eine Klassierung mittels Grundwasserbeprobung im unmittelbaren Abstrombereich (Art. 9 Abs. 2 Lit. b oder c AltIV) ist nicht möglich, weil der unmittelbare Abstrombereich ja gar nicht definiert werden kann (per Definition kein Standort). Abgesehen vom «formalen» Aspekt des «fehlenden Standortes» ist auch zu berücksichtigen, dass die räumliche Erfassung einer Restbelastung ausserhalb des Standortes technisch sehr aufwändig ist.
- Eine altlastenrechtliche Klassierung basierend auf Stoffen in Grundwasserfassungen (Art. 9 Abs. 2 Lit. a AltIV) wäre zwar denkbar, wobei die diesbezügliche Abgrenzung zwischen Stoffen vom Standort selber und von den Restbelastungen ausserhalb davon in der Praxis nur selten möglich ist. Erschwerend kommt hinzu, dass bei den Restbelastungen ausserhalb des Standortes noch die Unterscheidung zwischen Stoffen aus der Schadstofffahne und Stoffen von verschleppten Feststoff-Restbelastungen erforderlich wäre. Erstere stellen gemäss allgemeiner Anwendungspraxis in der Schweiz keinen Sanierungsgrund dar.

Trotz dieser scheinbaren «Entkoppelung» vom Altlastenrecht wurde in der Arbeitsgruppe z.T. auch die Position vertreten, dass die Restbelastungen ausserhalb des Standortes immer noch einen Zusammenhang mit dem Standort haben, da sie durch diesen verursacht worden sind. Dies ist von Bedeutung, wenn sich aus den Restbelastungen ein Handlungsbedarf ergibt. Denkbar ist das v.a. bei grösseren Fällen, wo sich wegen einer möglichen Beeinträchtigung oder Gefährdung von bestehenden oder geplanten Nutzungen z.B. weitergehende Untersuchungen der Restbelastungen aufdrängen. Die Möglichkeit, dass bei Fällen mit klarem Kausalzusammenhang derartige Untersuchungen vom Realleistungspflichtigen des ursächlichen Standortes verlangt werden können, wurde in der Gruppe mehrheitlich befürwortet.

Auf der anderen Seite beschreibt die Gewässerschutzverordnung (GschV) in Art. 47 das generelle Vorgehen bei verunreinigten Gewässern ausserhalb des Altlastenrechts. Demgemäss wird z.B. Überschreitung der numerischen Anforderungen nach Anhang 2 GschV die zuständige Behörde zur Durchführung von entsprechenden Untersuchungen und Massnahmenprüfungen aufgefordert. Dieses Vorgehen dürfte eher bei undifferenzierten Belastungen ohne klaren Kausalzusammenhang zu einem belasteten Standort angewendet werden. In Bezug auf die Kostentragung gilt - der Nachweis des Kausalzusammenhanges wiederum vorausgesetzt - auch beim gewässerschutzrechtlichen Vorgehen das Verursacherprinzip nach Umweltschutzgesetz.

Konkrete Massnahmen können auch bei Bauvorhaben im Bereich von Restbelastungen ausserhalb des Standortes erforderlich werden, sofern diese den gesättigten Untergrund tangieren. Dabei können abfallrechtliche (Entsorgung von belastetem Aushubmaterial) und / oder gewässerschutzrechtliche Aspekte (z.B. Wasserhaltungen, Grundwasser-Absenkungen) relevant werden. Bei diesen Mehraufwendungen dürfte primär der als Auslöser wirkende Bauherr in der Pflicht sein (siehe unten). Ob und wie eine verursacherbezogene Kostenüberwälzung möglich ist, bleibt offen.

Überlegungen zur Dokumentierung und Handhabung im Vollzug

Wie erwähnt, können Restbelastungen ausserhalb des Standortes bei Bauvorhaben zu relevanten Mehrkosten führen. Es bestand daher in der Arbeitsgruppe ein Konsens, dass die bei den Behörden vorhandenen Informationen über derartige Belastungen grundsätzlich in geeigneter Form den möglichen Betroffenen zugänglich gemacht werden sollten. Über die Form und das Instrument dieser Dokumentation bestanden jedoch z.T. abweichende Positionen.

Der KbS fällt als Instrument prinzipiell weg, dass es sich bei den Restbelastungen ausserhalb des Standortes gemäss Definition ja nicht um belastete Standorte handelt. In Bezug auf die Diskussion über den sekundären Anwendungszweck des KbS für die Lenkung von belasteten Bauabfällen wird auf Kapitel 2.2.4 verwiesen. Die Schaffung eines neuen Instrumentes zur Dokumentation wurde als nicht realisierbar beurteilt. Als zweckmässig wurde hingegen der vom AfU St. Gallen bereits eingeschlagene Weg betrachtet, wonach bekannte Schadstofffahnen (Restbelastungen in gelöster Form) in der Grundwasserkarte dargestellt werden. Diese Lösung hat folgende Vorteile:

- Die Grundwasserkarte ist ein bestehendes Instrument der Kantone, welche vergleichsweise einfach angepasst werden kann.
- Die Schadstofffahne betrifft das Medium Grundwasser. Mit der Erfassung der bekannten oder mutmasslichen Fahnumgrenzung wird in der Regel auch das Gebiet umfasst, in welchem verschleppte Feststoffbelastungen auftreten können (Kapitel 2.2.2).
- Die Grundwasserkarte stellt u.a. eine Grundlage für die Bewilligung für Bauvorhaben mit Einbauten ins Grundwasser dar. Damit kann behördenseitig sichergestellt werden, dass abfallrechtliche und gewässerschutzrechtliche Anforderungen im Umgang mit den Restbelastungen beim Bauvorhaben berücksichtigt werden.

Dieser Lösungsansatz wurde von der Arbeitsgruppe als ein gangbarer Weg für die Kantone eingestuft, wobei dieser im Sinne einer Empfehlung zu verstehen ist.

7 Vinylchlorid

7.1 Vorgehen der Arbeitsgruppe

In der Praxis nimmt Vinylchlorid (VC) unter den chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) aufgrund seiner besonderen Eigenschaften häufig eine Sonderstellung ein, weshalb es bei den meisten in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen ChloroNet-Lösungsansätzen als Sonderfall bewusst ausgenommen wurde. Aus diesem Grund wurden mögliche Lösungsansätze für VC in einer eigenen Arbeitsgruppe an 3 Arbeitssitzungen zwischen April 2016 und September 2016 erarbeitet. Die Resultate wurden in einem separaten Merkblatt festgehalten (Anhang 3). Nachstehend wird als Ergänzung dazu auf einige der bei der Erarbeitung der Lösungsansätze gemachten Überlegungen eingegangen.

7.2 Ausgangslage

Die primäre Stoffanwendung von VC ist selten und wurde daher aufgrund der als Rahmenbedingung vorgegebenen 80/20-Regel (Kapitel 1.3) in der Arbeitsgruppe nicht weiter behandelt. CKW-Fälle mit primärer VC-Anwendung sind daher als Einzelfälle separat zu betrachten.

In den meisten Fällen, bei denen VC eine Rolle spielt, entsteht dieses durch den reduktiven Abbau anderer CKW-Substanzen. Unter günstigen Bedingungen wird VC weiter zu unschädlichen Stoffen abgebaut. Dies ist z.B. in sauerstoffreichem Milieu (u.a. auch in Oberflächengewässern) der Fall, wo VC daher praktisch nie nachweisbar ist. Dies führt auch dazu, dass im Grundwasser in der Schweiz keine langen VC-Fahnen zu beobachten sind. Auch in Grundwasserfassungen, welche sich u.a. aus technischen Gründen praktisch ausschliesslich in sauerstoffreichem Milieu befinden, wird VC nicht nachgewiesen. Dies bestätigte auch eine 2015 im Rahmen von ChloroNet durchgeführte Umfrage bei den Kantonen (Rückmeldungen von 17 Kantonen).

In Gebieten mit eher schlecht durchlässigem Untergrund und teilweise oder ganz reduzierendem Grundwassermilieu ist ein vollständiger VC-Abbau eher selten, weshalb dieser Stoff in Bezug auf die Klassierung CKW-Standorten eine grosse Bedeutung hat. Dies ist v.a. auch deshalb der Fall, weil CKW aufgrund ihrer Stoffeigenschaften bereits bei tiefen Feststoff-Konzentrationen unter dem U-Wert von $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ noch zu CKW-Konzentrationen im Sickerwasser von mehreren Mikrogramm pro Liter führen können (vgl. *Figur 6* in Kapitel 2.2.2). Bereits diese geringen CKW-Konzentrationen führen oft bei der Umwandlung zu VC zu altlastenrechtlich relevanten VC-Konzentrationen. Dies ist insbesondere auch bei chemischen In Situ-Sanierungen mit möglichen Milieu-Veränderungen (z.B. ISCO oder Einsatz von Melasse) oder auch bei angestrebten Totaldekontaminationen in schlecht durchlässigen Gebieten problematisch. Die Beurteilung von VC-Belastungen hat in den letzten Jahren daher viele Fragen aufgeworfen resp. führte in der Vergangenheit häufig zur unbefriedigenden Situation, dass ein Sanierungserfolg bzgl. VC häufig als unwahrscheinlich eingeschätzt wurde.

Aufgrund seiner Toxizität ist der Konzentrationswert von VC gemäss Anhang 1 der Altlastenverordnung (AltIV) äusserst tief, was vergleichsweise häufig zu einem Sanierungsbedarf bezüglich VC führt. Bei der aktuellen Revision der AltIV wurde der Konzentrationswert von bisher $0.1 \mu\text{g}/\text{l}$ auf neu $0.5 \mu\text{g}/\text{l}$ leicht angehoben. Die Anhebung wurde in der Arbeitsgruppe begrüsst, löst aber das oben beschriebene Problem nicht.

7.3 Überlegungen zu möglichen Lösungsansätzen

Altlasten-Relevanz

Ammonium und Nitrit sind wie VC typische Produkte eines reduktiven Abbaus, welche in sauerstoffreichem Milieu zum weniger problematischen Nitrat umgewandelt werden. Diesen beiden Stoffen wurde bei der AltIV-Revision 2017 die grundwasserspezifische Relevanz abgesprochen. In Analogie dazu wurde daher auch die grundsätzliche Relevanz von VC bei der Altlasten-Bearbeitung diskutiert.

Gegen eine Analogie spricht, dass Ammonium und Nitrit im Gegensatz zu VC auch natürlich auftreten und humantoxikologisch wesentlich weniger kritisch sind. Es kommt hinzu, dass es noch zahlreiche andere Substanzen gibt, die sich ähnlich wie VC verhalten. Der Ansatz einer Aufhebung der Altlasten-Relevanz von VC wurde daher verworfen.

Betrachtungspunkt

Sekundäres VC wird praktisch nur dort beobachtet, wo das Grundwasser aufgrund einer geringen Ergiebigkeit (geringe hydraulische Durchlässigkeit) und/oder erhöhter Sauerstoffzehrung (z.B. organisches Material im Untergrund wie Torf oder Pflanzenreste) für eine Trinkwassernutzung ohnehin nicht geeignet ist. Umgekehrt tritt VC aufgrund der Abbau- und Verdünnungsprozesse, wie in Kapitel 7.2 erläutert, in nutzbaren Grundwasservorkommen nicht auf. Die direkte Übertragung des Trinkwasserwertes für die Ableitung des AltIV-Konzentrationswertes ist aufgrund dieser unterschiedlichen Betrachtungspunkte für diesen Stoff daher zumindest in Frage zu stellen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Einschätzung der Gewässerschutzverordnung (GschV) von Bedeutung. Gemäss Anhang 2 Ziff. 22 GschV gelten die (GschV-spezifischen) numerischen Anforderungen bei belasteten Standorten nicht im Abstrombereich, «in dem der grösste Teil dieser Stoffe abgebaut oder zurückgehalten wird». Eine ähnliche Relativierung in Bezug auf den Betrachtungspunkt ist auch dem Zusatz in Ziffer 12 enthalten, indem die in dieser Ziffer vorgegebenen numerischen Anforderungen erst «nach weitgehender Durchmischung» gelten. In diesem Zusammenhang wird hin und wieder der Begriff des «Opferstreifens» genannt. In etlichen Kantonen wird ein solcher z.B. bei der thermischen Beeinflussung in Folge von Grundwasserwärmennutzungen angewendet.

Da das Prinzip des «Opferstreifens» auch auf andere Stoffe übertragen werden könnte und das Grundprinzip des Abstrombereiches unmittelbar beim Standort in Frage stellen würde, war eine direkte Einführung für VC nicht realisierbar. Dennoch wurde beim gewählten Lösungsansatz ein Weg gesucht, um den weiteren Abstrombereich und die realistische Gefährdungssituation indirekt berücksichtigen zu können.

Bearbeitungsstufe

Eine abweichende Regelung auf Stufe Standort-Klassierung wurde insbesondere von den Behördenvertretern aus den oben genannten, z.T. formalen Gründen abgelehnt. Einen Spielraum gibt es gemäss der AltIV einzig bei der Beurteilung der Dringlichkeit und Verhältnismässigkeit von Massnahmen. Diese Frage stellt sich einerseits bei der Beurteilung von Sanierungsmassnahmen im Rahmen des Sanierungsprojektes und andererseits bei der Prüfung von weiteren Sanierungsmassnahmen, wenn bei der Sanierung die Sanierungsziele nicht erreicht werden. Letzterer Fall wird im Kapitel 4 unter dem Begriff «Sanierungsunterbruch» beschrieben.

Nach einiger Diskussion war sich die Arbeitsgruppe einig, dass aufgrund der beschriebenen Stoff- und Umwelteigenschaften und der meist geringen Erfolgchancen von Sanierungsmassnahmen bei VC im Gegensatz zu den übrigen CKW die Diskussion um einen «Unterbruch» bereits vor dem Sanierungsbeginn möglich sein soll. Da der Standort zu diesem Zeitpunkt sanierungsbedürftig ist, wurde dafür der neue Begriff eines «Sanierungsaufschubs» eingeführt.

Lösungsansatz

Der im Merkblatt beschriebene Lösungsansatz basiert im Wesentlichen darauf, dass mit dem Nachweis eines sauerstoffreichen Milieus im Abstrombereich des Standortes bezogen auf das Schutzgut Grundwasser eine relevante Umweltgefährdung durch VC ausgeschlossen werden kann. Für den Nachweis eines sauerstoffreichen Milieus wurde als vergleichsweise einfach messbare Grösse eine Sauerstoffsättigung von mindestens 60% eingeführt.

In Bezug auf die Distanz, in welcher dieser Nachweis zu erbringen ist, wurde der beim Gewässerschutz bezüglich thermischer Beeinflussungen bereits angewendete «Opferstreifen» von 100 m übernommen. Dies erfolgte aus pragmatischen Überlegungen, indem diese Distanz eine bereits existierende Grösse darstellt und eine überschaubare Distanz beschreibt.

Im Zusammenhang mit Monitored Natural Attenuation (MNA) wird v.a. in Deutschland bei CKW-Fällen der Nachweis eines natürlichen Abbaus verlangt. Die diesbezüglichen Untersuchungen bedingen allerdings eine umfangreiche Fahnerfassung sowie häufig aufwändige Isotopen- und/oder mikrobiologische Untersuchungen (z.B. Nachweis Dehalococoides). Dieser aufwändigere Weg ist bei Standorten mit reduzierendem Milieu denkbar, dürfte aber nicht den Normalfall darstellen.

Die Beschreibung des Lösungsansatzes erfolgt basierend auf dem Bewertungsansatz für den «Sanierungsaufschub» mit Minimalanforderungen sowie einer VC-spezifischen Auslegeordnung für die 19 übrigen Kriterien.

Kriterien für die KbS-Entlassung

Aufgrund der eingangs beschriebenen Problematik haben VC-bezogene Kriterien für die KbS-Entlassung eine grosse Bedeutung. Die diesbezüglichen Kriterien und Voraussetzungen wurden in Kapitel 2.3 beschrieben.

Die Umweltrelevanz von noch vorhandenen VC-Belastungen ist aus den genannten Gründen in der Regel sehr klein bis vernachlässigbar. Die Bedeutung des KbS-Eintrages hat aber dennoch für die Immobilienbewertung eine sehr grosse Bedeutung. Insbesondere die Vertreter aus der Praxis machten sich daher für kulante Ausnahmeregelung für VC stark.

Primär aus formalen Gründen wurde insbesondere von den Behördenvertretern als Minimalbedingung gefordert, dass mindestens keine «altlastenrechtlichen Massnahmen» mehr erforderlich sind. Ein Zugeständnis wurde immerhin bezüglich des Überwachungsbedarfes gemacht, indem bei VC im Gegensatz zu den übrigen CKW-Substanzen nicht der «Überwachungsbedarf» (10%-iger Konzentrationswert) sondern der «Sanierungsbedarf» als massgebend betrachtet wird. Dies bedeutet, dass für eine KbS-Entlassung im Gewässerschutzbereich A_u im Grundwasser unmittelbar beim Standort mindestens der halbe Konzentrationswert resp. $0.25 \mu\text{g/l}$ VC nachhaltig unterschritten werden muss. Aufgrund der in der Praxis zu beobachtenden VC-Gehalte dürften aber auch mit dieser Abweichung KbS-Entlassungen bei Standorten mit VC nur in seltenen Fällen möglich sein.

ANHANG

Anhang 1

Kriterien für die Abgrenzung bzw. Löschung von CKW-belasteten Standorten

Die nachstehenden Kriterien sind für eine Standortabgrenzung (z.B. im Rahmen von technischen Untersuchungen) oder für einen Entscheid über die Löschung eines mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) belasteten Standortes im Kataster der belasteten Standorte (KbS) vorgesehen. Die Kriterien dienen nicht der altlastenrechtlichen Klassierung gemäss Art. 9-12 Altlastenverordnung (AltIV).

Die Kriterien werden angewendet, sobald Ergebnisse von Technischen Untersuchungen (TU, DU) vorliegen. Art und Umfang der Untersuchungen, insbesondere ob Feststoff-, Porenluft- Grundwasser- und/oder andere Untersuchungen zur Anwendung kommen, ist abhängig von der hydro-/geologischen Situation sowie von den historischen und technischen Vorkenntnissen über die Belastung.

Ein Standort kann auf Basis von Nutzungsinformationen (HU) auch ohne Untersuchungen und somit ohne Anwendung untenstehender Kriterien im KbS eingetragen werden.

	Kriterien Standortabgrenzung	Kriterien Löschung aus dem KbS
Feststoff (FS) (Σ 7 LCKW gem. Anhang 3 u. 5 VVEA) Ungesättigte Zone Gesättigte Zone (inkl. Schwankungsbereich)	> 0.1 mg/kg (U-Wert)* > 1.0 mg/kg (I-Wert)**	< 0.1 mg/kg (U-Wert) < 1.0 mg/kg (I-Wert)**
Porenluft (PL) (halogenierte KW gem. Anhang 2 AltIV)	> 1.0 ml/m³	< 0.1 ml/m³ (wenn keine GW-Messung) < 1 ml/m³ (wenn GW-Kriterium erfüllt)
Grundwasser (GW) (Differenz Zu-/Abstrom, je Einzelstoff) Qualitätskriterium im Rahmen der Voruntersuchung ***	-	< 1 µg/l ****
Trinkwasserfassung (TWF)		Keine vom Standort stammende Stoffe mit Gehalten über der Bestimmungsgrenze

* U-Wert gemäss Abfallverordnung VVEA Anhang 3 Ziffer 1

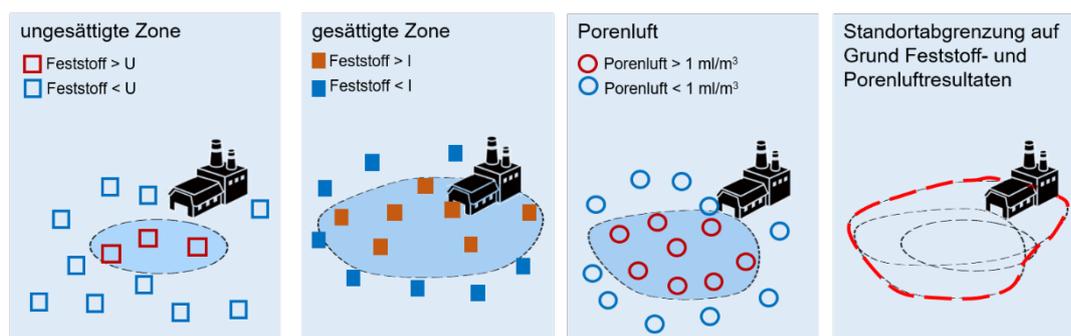
** I-Wert gemäss TVA, entspricht seit 2016 Abfallverordnung VVEA Anhang 5 Ziffer 2

*** Das Grundwasserkriterium für die Löschung des Standorts dient als Qualitätskriterium im Rahmen der Voruntersuchung. Nach Durchführung von Sanierungsmassnahmen kann bei umfassenden Standortkenntnissen nach individueller Beurteilung davon abgewichen werden (vgl. Text).

**** Vinylchlorid ist gesondert zu betrachten, da dessen Konzentrationswert AltIV unter 1 µg/l liegt.

Standortabgrenzung

Wenn bei der gewählten Untersuchungsart einer der angegebenen Werte überschritten wird, liegt die entsprechende Messstelle innerhalb des Standorts. Je nach Untersuchungsart erhält man somit eine Abgrenzung für Feststoff (ungesättigt), für Feststoff (gesättigt) und/oder für Porenluft. Die Standortabgrenzung resultiert aus der Vereinigungsmenge der einzelnen Abgrenzungen (siehe Abbildung).



Erläuterung der Löschungskriterien im Rahmen der Voruntersuchung

Wenn an allen ausgeführten Sondierstellen und in einer Fassung die in der Tabelle angegebenen Kriterien erfüllt sind und die Resultate der Plausibilitätsprüfung standgehalten haben, kann der Standort aus dem KbS gelöscht werden (vgl. Plausibilität).

Für eine Löschung im Rahmen der Voruntersuchung ist meist das Grundwasser entscheidend (Qualitätskriterium). Eine Löschung kann dann erfolgen, wenn die Konzentration der vom Standort stammenden CKW (Differenz Zu- und Abstrombereich) im Abstrombereich unmittelbar beim Standort je Einzelstoff kleiner als 1 µg/l ist. Falls dieser Wert überschritten ist, verbleibt der Standort im KbS. Dies gilt auch, wenn mit den Feststoff- und Porenluft-Untersuchungen die jeweiligen Kriterien für den Eintrag nicht erfüllt werden. In der Regel besteht in diesen Fällen ein weiterer Untersuchungsbedarf, da mit der Voruntersuchung unerkannte Schadstoffquellen nicht ausgeschlossen werden können.

Bei der beurteilungsrelevanten Grundwasserbeprobung muss plausibel nachgewiesen werden, dass sich die beprobte Messstelle im unmittelbaren Abstrombereich befindet und diesen repräsentativ erfasst. Dazu sind ausreichende Kenntnisse über die Standortabgrenzung und über die hydrogeologischen Verhältnisse (Grundwasserfließrichtung, Mächtigkeit etc.) erforderlich.

Auf Grundwasser-Messungen kann nur in Ausnahmefällen verzichtet werden. Dies ist dann der Fall, wenn auch nach längerer Messstellenüberprüfung kein Grundwasser für eine Beprobung vorhanden ist, oder wenn der Aufwand für eine Beprobung unverhältnismässig gross ist (z.B. sehr grosser Flurabstand). Diese Ausnahmefälle sind ausreichend zu begründen. An Art und Umfang der Feststoff- und Porenluft-Untersuchungen sind dann für eine Löschung erhöhte Anforderungen zu stellen (vgl. hierzu auch die unterschiedlichen Kriterien für Porenluft: 0.1 und 1.0 ml/m³ je nach GW-Messung).

Erläuterung der Löschungskriterien nach einer Sanierung

Nach der Durchführung von Sanierungsmassnahmen kann nach individueller Beurteilung vom Qualitätskriterium Grundwasser (Differenz Zu- und Abstrom < 1 µg/l je Einzelstoff) abgewichen werden, wenn folgende Bedingungen kumulativ erfüllt sind:

- Die Grundwassergehalte unterschreiten die Vorgaben gemäss AltIV Art. 9 Abs. 1 lit. b oder c und Art. 10 Abs. 1 lit. b (< Überwachungsbedarf) und weisen eine konstante oder sinkende Tendenz auf.
- In der betroffenen TWF liegen keine vom Standort stammenden CKW über der Bestimmungsgrenze bzw. nach Anwendung von Art. 18 i.V.m. Art. 15 AltIV über einem Gehalt von 1 µg/l (angepasstes Sanierungsziel, Anh. 2 Ziff. 22 GschV) je Einzelstoff vor.
- Der Kenntnisstand über die Art, Lage und Menge der Schadstoffe vor der Sanierung war ausreichend genau und plausibel.
- Die durchgeführten Sanierungsmassnahmen waren geeignet (Methode, Einsatzort usw.) und die Durchführung erfolgte nach dem Stand der Technik.

In Bezug auf das Feststoffkriterium im gesättigten Untergrund < 1.0 mg/kg ist darauf hinzuweisen, dass aufgrund der Stoffeigenschaften von CKW auch bei tieferen Feststoffgehalten die oben genannten grundwasserspezifischen Anforderungen unter Umständen nicht erreicht werden. Bei einer freiwilligen Festlegung eines Zielwertes von < 0.1 mg/kg auch im gesättigten Untergrund sind die Erfolgsaussichten für die Erreichung der grundwasserspezifischen Anforderungen wesentlich besser.

Plausibilitätsprüfung

Eine Plausibilitätsprüfung ist grundsätzlich nach jedem Untersuchungsschritt durchzuführen. Vor allem für die Standortabgrenzung sowie die Löschung ist sie von grosser Bedeutung. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Sind die Untersuchungsergebnisse untereinander und mit den Erkenntnissen der HU plausibel?
- Sind die Untersuchungsergebnisse (Sondierdichte, Probenrepräsentativität, Analysenspektrum usw.) ausreichend oder besteht ein weiterer Untersuchungsbedarf?

(Version Merkblatt: 23Aug2017; Abb März2018)

Anhang 2

ChloroNet TP Risikomanagement / Sanierungsunterbruch

Teil 1: Definition Sanierungsunterbruch

Definition Sanierungsunterbruch

Definition

Bei einem Sanierungsunterbruch wird trotz Vorliegens eines Sanierungsbedarfs nach Art. 9-12 AltIV auf die Anordnung von weiteren Sanierungsmassnahmen verzichtet.

Dauer

Auf die Anordnung von weiteren Sanierungsmassnahmen wird solange verzichtet, bis

- wesentliche neue Erkenntnisse über den Standort vorliegen (Schadstoffverteilung etc.), oder
- die Ergebnisse der Überwachung darauf hinweisen, dass eine neue Gefährdungsabschätzung vorgenommen werden muss, oder
- eine Zustandsänderung (z.B. bauliche Veränderung) stattfindet, welche entweder einen Eingriff in die Belastung darstellt oder eine neue Zugänglichkeit zur Belastung ermöglicht, oder
- eine neue geeignete Sanierungstechnik zur Verfügung steht, oder
- aufgrund einer Veränderung der Marktbedingungen eine bisher als wirtschaftlich nicht tragbar eingestufte Sanierungstechnik zu günstigeren Konditionen verfügbar wird.

Solange keines der genannten Kriterien erfüllt ist, kann der Verzicht auf Sanierungsmassnahmen nicht widerrufen werden.

Altlastenrechtliche Beurteilung

Während der Dauer des Sanierungsunterbruchs wird der Standort weiterhin als sanierungsbedürftig klassiert. Dabei besteht gemäss Art. 13 Abs. 2 lit. b AltIV ein Überwachungsbedarf.

Teil 2: Mindestanforderungen für die Diskussion eines Sanierungsunterbruchs

Damit überhaupt über einen allfälligen Sanierungsunterbruch diskutiert werden kann, muss ein plausibles Gesamtbild über den Standort vorliegen. Dazu sind die untenstehenden Minimalanforderungen an den Informationsstand einzuhalten.

Wenn diese Kenntnisse nicht in ausreichender Tiefe bekannt sind, ist die nachfolgend in Teil 3 beschriebene Diskussion über einen allfälligen Sanierungsunterbruch nicht möglich.

Minimalanforderung Informationsstand	Art, Lage und Menge der Schadstoffe im Untergrund sowie deren Veränderung im zeitlichen Verlauf sind mit ausreichender Genauigkeit bekannt. Dies gilt auch für die relevanten Einsickerungsstellen/Eintragsorte.
	Ausbreitungspfade der Schadstoffe im Untergrund und im abströmenden Grundwasser sind mit ausreichender Genauigkeit bekannt.
	Alle geeigneten Sanierungsvarianten sind gemäss Vollzugshilfemodul „Evaluation Sanierungsvarianten“ identifiziert und ausreichend bewertet. Dabei sind insbesondere die Machbarkeit sowie die Wirksamkeit zu berücksichtigen. Für die einzelnen Sanierungsmethoden ist jeweils vom derzeitigen Stand der Technik auszugehen.
	Die Informationen müssen umfassend sein und einer Plausibilisierung genügen.

Mindestanforderung Schutzgut	Die Nutzung von Trinkwasserfassungen oder Schutzarealen, die von der vom Standort stammenden CKW-Emission betroffen sind, ist ohne oder nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren uneingeschränkt möglich.
-------------------------------------	--

Mindestanforderung Standort	Die Standortabgrenzung bleibt stabil, es handelt sich um ein stationäres System.
	Der Standort bleibt in Zukunft für Sanierungsmassnahmen zugänglich (Art. 3 AltIV).

Teil 3: Kriterien für einen Sanierungsunterbruch

Die nachfolgenden Kriterien dienen dem Gutachter/der Behörde zur Beurteilung der Frage, ob das Anordnen von weiteren Sanierungsmassnahmen verhältnismässig ist bzw. ob ein Sanierungsunterbruch in Betracht gezogen werden kann.

Hinweise zur Anwendung der Kriterienliste:

- Beim Entscheid über einen Sanierungsunterbruch gilt es (ähnlich wie bei der Interessenabwägung im Raumplanungs- und Umweltrecht), eine **Vielzahl von Argumenten**, die entweder pro oder contra ausfallen können, aufzulisten, einander gegenüberzustellen, sie zu gewichten und abzuwägen, und gestützt darauf zu einem Ergebnis zu gelangen.
- Die nachfolgenden Kriterien dienen in erster Linie dazu, die beim Entscheid zu berücksichtigenden Argumente in Form einer **Checkliste** möglichst vollständig aufzuzählen. Zudem enthält sie eine Anleitung, in welchen Fällen ein Argument eher pro Sanierungsunterbruch, und in welchen Fällen es eher contra Sanierungsunterbruch zu werten ist.
- Grundsätzlich sind **alle** aufgeführten Kriterien zu bewerten, unabhängig von der Relevanz für die vorliegende Situation.
- In einem ersten Schritt sind die Kriterien nur **einzel**n zu betrachten, d.h. separiert von der Betrachtung anderer, auch verwandter Kriterien.
- Die Bewertungen der Kriterien gehen vom jeweils **aktuellen Zustand nach Abschluss bisheriger Massnahmen** aus. D.h. es wurden die Sanierungsmassnahmen gemäss ursprünglichem Sanierungsprojekt ausgeführt.
- In einem zweiten Schritt sind die Kriterien und ihre Bewertung gegeneinander abzuwägen und einer **Gesamtbetrachtung** zu unterziehen. Dieser Entscheid muss die Besonderheiten des Einzelfalls berücksichtigen. Die Kriterienliste macht zu dieser Abwägung keine Aussagen. Es ist auch nicht Zweck der Kriterienliste, lediglich die Anzahl der pro-Kriterien der Anzahl der contra-Kriterien gegenüberzustellen. Vielmehr ist es Sache des Anwenders, die einzelnen Kriterien gegenseitig zu gewichten und seinen Entscheid pro oder contra Sanierungsunterbruch derart zu begründen.

a) Aspekt „Schadstoff am Standort“

		PRO Sanierungsunterbruch	CONTRA Sanierungsunterbruch
1	Konzentration im unmittelbaren Abstrom - Abweichung vom Sanierungsziel in %	Die Abweichung ist klein.	Die Abweichung ist gross.
2	Zeitlicher Verlauf der Konzentration im direkten Abstrombereich	Konstante Werte oder Abnahme nachweisbar.	Keine klare Tendenz oder Zunahme.
3	Schadstoffpotenzial (Menge CKW) innerhalb des Standorts	Schadstoffpotential innerhalb Standort ist klein.	Schadstoffpotential innerhalb Standort ist gross.
4	Bereits erzielte Verringerung des Schadstoffpotenzials (Vollständigkeit des Quellenstopps)	Der primäre Schadstoffherd wurde komplett oder zum überwiegenden Teil entfernt.	Es wurde erst eine untergeordnete Menge des Schadstoffherdes entfernt.
5	Natürlicher Abbau	Es erfolgt ein natürlicher Abbau zu weniger problematischen Stoffen.	Es erfolgt kein Abbau oder ein Abbau zu problematischen Stoffen.
6	Schadstofffracht	Die Fracht ist gering.	Die Fracht ist mittel bis hoch.
7	Freisetzbarkeit	Klein	Gross

b) Aspekt „Schutzgutsituation“/Schutzobjekt

		PRO Sanierungsunterbruch	CONTRA Sanierungsunterbruch
8	Nutzbarkeit des Grundwassers: Qualitativ sowie quantitativ, aus hydrogeologischer, physikalisch-chemischer und bakteriologischer Sicht	Grundwasser ist in Bezug auf Menge und Qualität im natürlichen Zustand (Sauerstoffgehalt, reduzierende Bedingungen, Bakteriologie) nicht oder nur eingeschränkt nutzbar.	Grundwassers ist in Bezug auf Menge und Qualität im natürlichen Zustand (Sauerstoffgehalt, reduzierende Bedingungen, Bakteriologie) nutzbar.
9	Nutzbarkeit des Grundwassers aus Sicht des planerischen Gewässerschutzes	Grundwasser ist aufgrund von bestehenden Nutzungskonflikten nicht oder nur eingeschränkt planerisch für eine Trinkwassernutzung ausreichend schützbar.	Es bestehen keine relevanten Nutzungskonflikte.
10	Nutzbarkeit des Grundwassers aus Sicht Hintergrundbelastungen	Grundwasser ist aufgrund von Hintergrundbelastungen nicht oder nur eingeschränkt nutzbar.	Keine relevanten Hintergrundbelastungen vorhanden.
11	Bestehende oder geplante Nutzungen des Grundwassers	Keine aktuelle oder geplante Nutzung im Abstrombereich vorhanden, oder nur Nutzung in grosser Distanz.	Aktuelle oder geplante Nutzung im Abstrombereich vorhanden.
12	Bedeutung der bestehenden Nutzungen	Untergeordnete Bedeutung für die Trinkwasserversorgung.	Mittlere oder grosse Bedeutung für die Trinkwasserversorgung.
13	Einfluss des Standortes auf bestehende Fassungen	In der Fassung sind die Anforderungen an das Grundwasser zur Nutzbarkeit als Trinkwasser erfüllt (vgl. GSchV).	In der Fassung sind die Anforderungen an das Grundwasser zur Nutzbarkeit als Trinkwasser nicht erfüllt (vgl. GSchV).
		CKW-Konzentrationen in der Fassung nehmen ab.	CKW-Konzentrationen in der Fassung bleiben unverändert oder nehmen zu.
		Messungen oder Modellierung zeigen, dass mittel- bis langfristig eine Abnahme der CKW-Gehalte in der Fassung zu erwarten ist.	Messungen oder Modellierung zeigen, dass mittel- bis langfristig keine Abnahme der CKW-Gehalte in der Fassung zu erwarten ist.
14	Andere Schutzgüter (Oberflächengewässer, Boden, Luft) sind in relevantem Mass betroffen	Nein	Ja

c) Aspekt „Sanierung / Technik“

		PRO Sanierungsunterbruch	CONTRA Sanierungsunterbruch
15	Erfolgswahrscheinlichkeit	Bei keiner der möglichen Sanierungsvarianten ist der angestrebte Sanierungserfolg mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten.	Bei mindestens einer der möglichen Sanierungsvarianten ist ein Sanierungserfolg mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten.
16	Bauliche Tätigkeiten	Es sind kurzfristig Bautätigkeiten zu erwarten, welche mit Sanierungsmassnahmen gekoppelt werden bzw. solche erforderlich machen, oder den Zugriff auf die Belastung erleichtern.	Es sind mittel- bis langfristig keine Bautätigkeiten zu erwarten. Die Anwendung von Art. 3 AltIV verunmöglicht eine Bebauung.
17	Kosten / Nutzen	Noch zu entfernende CKW: CHF / kg CKW →hoch	Noch zu entfernende CKW: CHF / kg CKW →tief
18	Umweltverträglichkeit und ökologischer Nutzen	Die Durchführung von Sanierungsmassnahmen führt zu einer deutlich schlechteren Ökoeffizienz als der Verzicht auf Massnahmen.	Die Durchführung von Sanierungsmassnahmen führt zu einer deutlich besseren Ökoeffizienz als der Verzicht auf Massnahmen.
19	Erforderliche Sicherungsmassnahmen	Eine Sicherung (als erforderliche Massnahme bei einem Unterbruch) ist technisch einfach möglich.	Eine Sicherung (als erforderliche Massnahme bei einem Unterbruch) ist technisch nur aufwändig durchführbar.

Erläuterungen zu den Kriterien

Kriterium 1

Konzentration im unmittelbaren Abstrom – Abweichung vom Sanierungsziel in %

Die Beurteilung der Abweichung bezieht sich auf das Standort-bezogen festgelegte Sanierungsziel. In aller Regel gelten hier die Konzentrationswerte gemäss AltIV (im Gewässerschutzbereich A_u: ½ Konz.-Wert, im üB: 2facher Konz.-Wert).

Beispiel: Das für Tetrachlorethen (Per) festgelegte Sanierungsziel im unmittelbaren Abstrom ist gemäss Anhang 1 AltIV 20 µg/l (½ Konz.-Wert gemäss Anhang 1 AltIV im Gewässerschutzbereich A_u). Vor den Sanierungsmassnahmen wurde ein Wert von 220 µg/l gemessen. Nach Durchführung erster Sanierungsmassnahmen wird derzeit ein Wert von 100 µg/l gemessen. Das angestrebte Sanierungsziel ist immer noch um 400% überschritten. Diese Abweichung wäre immer noch als gross zu bewerten.

Spezialfall Vinylchlorid (VC): Hier ist bereits der Konzentrationswert gemäss Anhang 1 AltIV mit 0.1 µg/l so tief, dass auch bei Vorliegen von tiefen VC-Konzentrationen eine hohe bis sehr hohe Abweichung vom Sanierungsziel vorliegt. Für VC ist dieses Kriterium daher nicht geeignet. Dagegen ist bei VC eher die vorliegende absolute Konzentration von Bedeutung. (→ siehe Arbeitsgruppe Vinylchlorid)

Kriterium 2

Zeitlicher Verlauf der Konzentration im unmittelbaren Abstrombereich

Dieses Kriterium bezieht sich auf Kenntnisse über einen Rückgang der Konzentration im unmittelbaren Abstrom (gleicher Ort, wo auch Kriterium 1 ansetzt). Die Höhe der Konzentration ist unter Kriterium 1 abgehandelt und hier nicht zu berücksichtigen. Nur wenn eindeutig eine Abnahme der Konzentration nachgewiesen ist, oder ebenfalls eindeutig konstante Werte über einen gesicherten Zeitraum nachgewiesen wurden, kann das Kriterium als Pro Sanierungsunterbruch gewertet werden. Prognosen, welche auf Erwartungen oder Abschätzungen basieren, sind nicht zu berücksichtigen, es gilt der derzeitige Wissensstand (vgl. hierzu Kriterium 13). Auch bei wechselnden Konzentrationen (Sprünge hoch-tief) kann nur in seltenen Fällen eine klare Tendenz zur Abnahme erkannt werden.

Kriterium 3

Schadstoffpotenzial (Menge CKW) innerhalb des Standortes

Beim Schadstoffpotenzial handelt es sich um eine Grösse, welche häufig nur sehr schwierig abzuschätzen ist. Eine Diskussion der Varianz bzw. eine Fehlerbetrachtung ist deshalb erforderlich.

Grundsätzlich sollten aber Kenntnisse über das Schadstoffpotenzial innerhalb des Standortes in ausreichendem Mass vorliegen, sofern eine seriöse Standortabgrenzung vorgenommen wurde. Zudem gehören Kenntnisse über das Schadstoffpotenzial zu den Mindestanforderungen (siehe Teil 2) und sind daher Voraussetzung für die Diskussion eines Sanierungsunterbruchs.

Kriterium 4

Bereits erzielte Verringerung des Schadstoffpotenzials (Vollständigkeit des Quellenstopps)

Die Verringerung des Schadstoffpotenzials ist ein Mass für die bereits erzielte Umweltleistung. Die Entfernung des Schadstoffherdes entspricht dem Quellenstopp. Ein überwiegender Quellenstopp kann zu einem Verzicht auf weitere Sanierungsmassnahmen führen. Wenn erst ein geringer Prozentsatz der gesamten Schadstoffmenge vom Standort entfernt wurde, spricht dies eher für weitere Sanierungsmassnahmen.

Kriterium 5

Natürlicher Abbau

Grundsätzlich können CKW abgebaut werden, das Ausmass hängt aber stark von der geologisch-/hydrogeologischen Situation und den hydrochemischen und –biologischen Verhältnissen ab. Zur Bewertung dieses Kriteriums sind der Standort sowie der unmittelbare Abstrombereich und die Schadstofffahne zu betrachten.

Der natürliche Abbau von CKW erfolgt in der Regel über verschiedene Zwischenstufen hin zu Vinylchlorid und dann weiter zu Ethen und den finalen Folgeprodukten. Vinylchlorid gilt auf Grund seiner hohen Toxizität als problematischer Stoff. Ein „Abbau zu weniger problematischen Stoffen“ liegt bei CKW also nur vor, wenn das Vinylchlorid in relevantem Ausmass weiter abgebaut wird, so dass keine Akkumulation von Vinylchlorid erfolgt.

Kriterium 6

Schadstofffracht

Bei Standorten mit einer kleinen oder vernachlässigbaren Fracht ist ein Sanierungsunterbruch eher möglich als bei Standorten mit einer mittleren bis grossen Fracht.

Die Fracht wurde bereits als ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung diskutiert. Dazu wurde ein Lösungsansatz entwickelt, bei welchem die Fracht mit Wertebereichen für gering/mittel/hoch bezeichnet wurde. Diese im Expertenbericht der Arbeitsgruppe Fracht aufgeführten Wertebereiche können auch hier herangezogen werden.

Die Bestimmung der Fracht ist mit Unsicherheiten verbunden. Der ermittelte Wert ist daher immer einer Fehlerbetrachtung zu unterziehen (vgl. Expertenbericht Arbeitsgruppe Fracht).

Kriterium 7

Freisetzbarkeit

Falls ein relevantes Schadstoffpotenzial am Standort verbleibt (vgl. Anmerkung zu Kriterien 3 und 4), hängt die Umweltgefährdung von der Freisetzbarkeit und Mobilität der Schadstoffe ab. Die Mobilität kann bei den leichtflüchtigen CKW grundsätzlich als hoch bezeichnet werden (auch wenn sie bezogen auf die Einzelsubstanzen durchaus unterschiedlich ist), daher konzentriert sich dieses Kriterium auf die Freisetzbarkeit.

Bei Schadstoffen in der ungesättigten Zone erfolgt die Freisetzung in das Grundwasser via Sickerwasser, welches bei vollständig versiegelter Standortoberfläche nur in geringen Mengen anfällt. Hier ist zu beachten, dass eine spätere Entsiegelung die Grundwassergefährdung wesentlich verändern kann. Die Grundwassergefährdung ist zudem abhängig von der

Sensibilität (Vulnerabilität) des Grundwassers, welche den Flurabstand, die Durchlässigkeit etc. beinhaltet.

Wichtig: Schadstoffpotenzial, Konzentration, Fracht, Anwesenheit von DNAPL etc, welche einen Einfluss auf die Freisetzung haben, sind hier nicht zu berücksichtigen, da diese Aspekte in eigenen Kriterien abgehandelt werden

Hinweis: die nachfolgenden Kriterien 8 bis 13 sind vor allem für die Betrachtung des Gewässerschutzbereichs A_u von Bedeutung (vgl. auch Hinweis zu den übrigen Bereichen üB im nachfolgenden Kriterium 8).

Kriterium 8

Nutzbarkeit des Grundwassers: Qualitativ sowie quantitativ, aus hydrogeologischer, hydrochemischer und bakteriologischer Sicht

Das Grundwasser wird hinsichtlich seines natürlichen Zustandes beurteilt. Die Formulierung „natürlicher Zustand“ bezieht sich auf den derzeit aktuellen Zustand des Gesamtsystems, d.h. ohne Durchführung weiterer Massnahmen.

Die Nutzbarkeit eines Grundwassers, d.h. die Voraussetzung für die Zuordnung eines Grundwasservorkommens zu den besonders gefährdeten Bereichen A_u, ist von hydrogeologischen Aspekten wie der für eine Nutzung in Betracht kommenden Menge, sowie der physikalischen und bakteriologischen Qualität im natürlichen oder angereicherten Zustand abhängig („...wenn es die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung an Trinkwasser, nötigenfalls nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren, einhält“ GSchV Anhang 2 Ziff 22). Der Gewässerschutzbereich A_u umfasst die nutzbaren Grundwasservorkommen sowie deren zum Schutz notwendigen Randgebiete.

Zum Bereich üB: Die Lage des Standorts in den nicht besonders gefährdeten Bereichen üB ist ein klares Pro-Argument in der Diskussion über einen Sanierungsunterbruch. Im üB ist eine Anpassung des Sanierungszieles gemäss Art. 15, Ziff. 2 AltIV zu prüfen. Auf Grund der weniger restriktiven Anforderungen ist eine Erhöhung der durch die Sanierungsmassnahmen angestrebten Konzentration ohne Einschränkungen in Bezug auf die Nutzbarkeit des Grundwassers möglich. (Es verbleibt die Einschränkung, dass das Grundwasser bei der Exfiltration ein Oberflächengewässer nicht verunreinigen darf, so dass dieses die Anforderungen an die Wasserqualität nicht mehr erfüllen würde.) Nach solch einer Anpassung (Erhöhung des Sanierungswertes) kann das Sanierungsziel meist erreicht werden. Die Sanierung wird dann faktisch auch „unterbrochen“, aber das angepasste Sanierungsziel gilt als erreicht und die Sanierung ist abgeschlossen (kein Sanierungsbedarf mehr). Insofern stellt sich die Frage nach einem Sanierungsunterbruch im üB eher selten.

Kriterium 9

Nutzbarkeit des Grundwassers aus Sicht des planerischen Gewässerschutzes

Der planerische Schutz des Grundwassers zur Sicherstellung einer Trinkwassernutzung mit öffentlichem Interesse (Schutzzonenausscheidung) ist in vielen Gebieten durch vorhandene Anlagen und andere Nutzungskonflikte stark eingeschränkt resp. nicht möglich. In entsprechenden Gebieten ist ein Sanierungsunterbruch eher möglich als in Gebieten ohne grössere Nutzungskonflikte.

Kriterium 10

Nutzbarkeit des Grundwassers aus Sicht von Hintergrundbelastungen

Für dieses Kriterium ist, wie bei Kriterium 8 und 9, nicht nur der unmittelbare Abstrombereich sondern das gesamte betroffene Grundwasservorkommen zu betrachten.

Wenn keine relevanten Hintergrundbelastungen vorliegen bzw. wenn die Belastung im Grundwasser vor allem aus der hier zu betrachtenden CKW-Schadstoffquelle stammt, ist es sinnvoll, diese zu sanieren, weil damit ein hoher Umweltnutzen erhalten wird.

In verschiedenen Gebieten der dicht besiedelten Schweiz liegen aber erhebliche anthropogene Hintergrundbelastungen vor, welche unabhängig von der vom Standort abströmenden Schadstoffbelastung im heutigen Zustand eine Trinkwassernutzung erschweren oder gar verunmöglichen. Wenn die Hintergrundbelastung bereits hoch ist (unabhängig ob CKW oder andere Schadstoffe) und mittel- bis langfristig keine Verminderung der Hintergrundbelastung zu erwarten ist, kann eher über einen Sanierungsunterbruch diskutiert werden, vor allem, wenn die zu betrachtende CKW-Schadstoffquelle nur einen unwesentlichen Beitrag zur Gesamtbelastung des Grundwasservorkommens liefert.

Kriterium 11

Bestehende oder geplante Nutzungen des Grundwassers

Unter Nutzung versteht man hier Trinkwasserfassungen in öffentlichem Interesse (Grundwasserschutz-zonen). Zur Planung einer Nutzung sollten konkrete Projekte vorliegen resp. ein Grundwasserschutzareal ausgeschieden sein. Das Argument, dass der Gewässerschutzbereich grundsätzlich immer zu einer Nutzung herangezogen werden kann, soll dagegen nicht als Contra-Argument verwendet werden.

Hinweis: die Kriterien 9 und 11 sind getrennt voneinander zu bewerten. Im Kriterium 9 steht die grundsätzliche Nutzbarkeit im Vordergrund, im Kriterium 11 dagegen die konkrete Nutzung bzw. Planung.

Kriterium 12

Bedeutung der bestehenden Nutzungen

Mit diesem Kriterium wird die Bedeutung von bestehenden Nutzungen (Fassungen) im Abstrombereich des Standortes für die lokale und regionale Trinkwasserversorgung berücksichtigt.

Beispielsweise hat eine Fassung, aus welcher der Grossteil des Trinkwassers einer ganzen Gemeinde stammt, eine grosse Bedeutung, während einer solchen, die nur einen minimalen Anteil der Trinkwasserversorgung gewährleistet (und auf die auch verzichtet werden könnte, ohne die ausreichende Versorgung zu gefährden), eine eher untergeordnete Bedeutung zukommt.

Kriterium 13

Einfluss des Standortes auf bestehende Fassungen

Bei diesem Kriterium werden die Fassungen, welche gemäss GSchV in öffentlichem Interesse stehen, betrachtet. Das Grundwasservorkommen als Ganzes ist dagegen mit den Kriterien 8-11 berücksichtigt.

Es sind nach Möglichkeit **alle 3 Unterkriterien** zu betrachten.

Grundsätzlich verbietet das Gewässerschutzgesetz jede Verschmutzung der Gewässer (Art. 3 und 6 GSchG). Aus Sicht des Schutzgutes Grundwasser (GSchV) sind gemäss GSchV Anhang 2 Ziff. 22 die Anforderungen an Grundwasser, welches als Trinkwasser genutzt wird bzw. dafür vorgesehen ist, erfüllt, wenn die CKW-Konzentration in einer Trinkwasser-Fassung unter 1 µg/L (je Einzelstoff) liegt. In diesem Fall sind von gewässerschutzrechtlicher Seite keine weiteren Massnahmen erforderlich.

Gleichzeitig ist ein Standort im Gewässerschutzbereich A_u gemäss Art. 9 Abs. 2 Bst. a AltIV sanierungsbedürftig, wenn Stoffe vom Standort in einer Trinkwasserfassung nachgewiesen werden. Sanierungsziel ist die Eliminierung des Sanierungsauslösers. Sofern also nach Durchführung von Sanierungsmassnahmen nach wie vor Stoffe vom Standort in die Fassung gelangen, verbleibt der Standort sanierungsbedürftig.

Beachtung der zeitlichen Verzögerung: Dass auch nach der Sanierung noch Stoffe vom Standort in der Fassung festgestellt werden, ist häufig der Fall. Massnahmen am Standort zeigen auf Grund der langsamen Fliessgeschwindigkeiten oft erst (sehr viel) später ihre schadstoffvermindernde Wirkung in der Fassung. Deshalb wird der Standort in der Regel im Rahmen der Erfolgskontrolle als letzte Phase der Sanierung überwacht. Wenn man während der Überwachung feststellt, dass die Konzentration in der Fassung tendenziell steigt, dann kann dies ein Hinweis sein, dass am Standort doch noch bis zu diesem Zeitpunkt unbekanntete Verschmutzungen vorhanden sein könnten.

Messungen oder hydrogeologische Modellierungen, welche plausibel mittel- oder langfristig eine Schadstoffabnahme in der Fassung prognostizieren, können ein Argument für einen Sanierungsunterbruch sein.

Kriterium 14

Andere Schutzgüter (Oberflächengewässer, Boden, Luft) sind in relevantem Mass betroffen

Falls andere Schutzgüter in relevantem Mass betroffen sind, müssen zur Beurteilung eines Sanierungsunterbruchs andere, dem jeweiligen Schutzgut zugehörige Kriterien diskutiert werden.

Kriterium 15

Erfolgswahrscheinlichkeit

Dieses Kriterium beschäftigt sich mit der Frage, ob nach Durchführung erster Sanierungsmassnahmen auf Grund der damit verbundenen neuen Informationslage mit einer anderen Sanierungsmethode ein besserer Sanierungserfolg möglich ist.

Voraussetzung für die Anwendung dieses Kriteriums ist ein Variantenstudium der Sanierungsmethoden (üblicherweise bereits Voraussetzung für die Durchführung erster Sanierungsmassnahmen). In einigen Fällen kann es auf Grund veränderter Situationen erforderlich sein, das bereits vorhandene Variantenstudium zu aktualisieren.

Kriterium 16

Bauliche Tätigkeiten

Dieses Kriterium kann zu einer Pro-Sanierungsunterbruch-Bewertung führen, wenn ein Bauvorhaben vorliegt. Wenn ein Vorprojekt oder ein Gestaltungsplan vorliegen, muss der Informationsstand über das Bauvorhaben zumindest so detailliert sein, dass eine Beurteilung über allfällige Vereinfachungen späterer Sanierungsmassnahmen möglich ist. Von Vorteil ist, wenn Massnahmen, welche zu einer Verbesserung oder Vereinfachung führen (Aushub, Rückbau, etc.), bereits fester Bestandteil des Bauvorhabens sind.

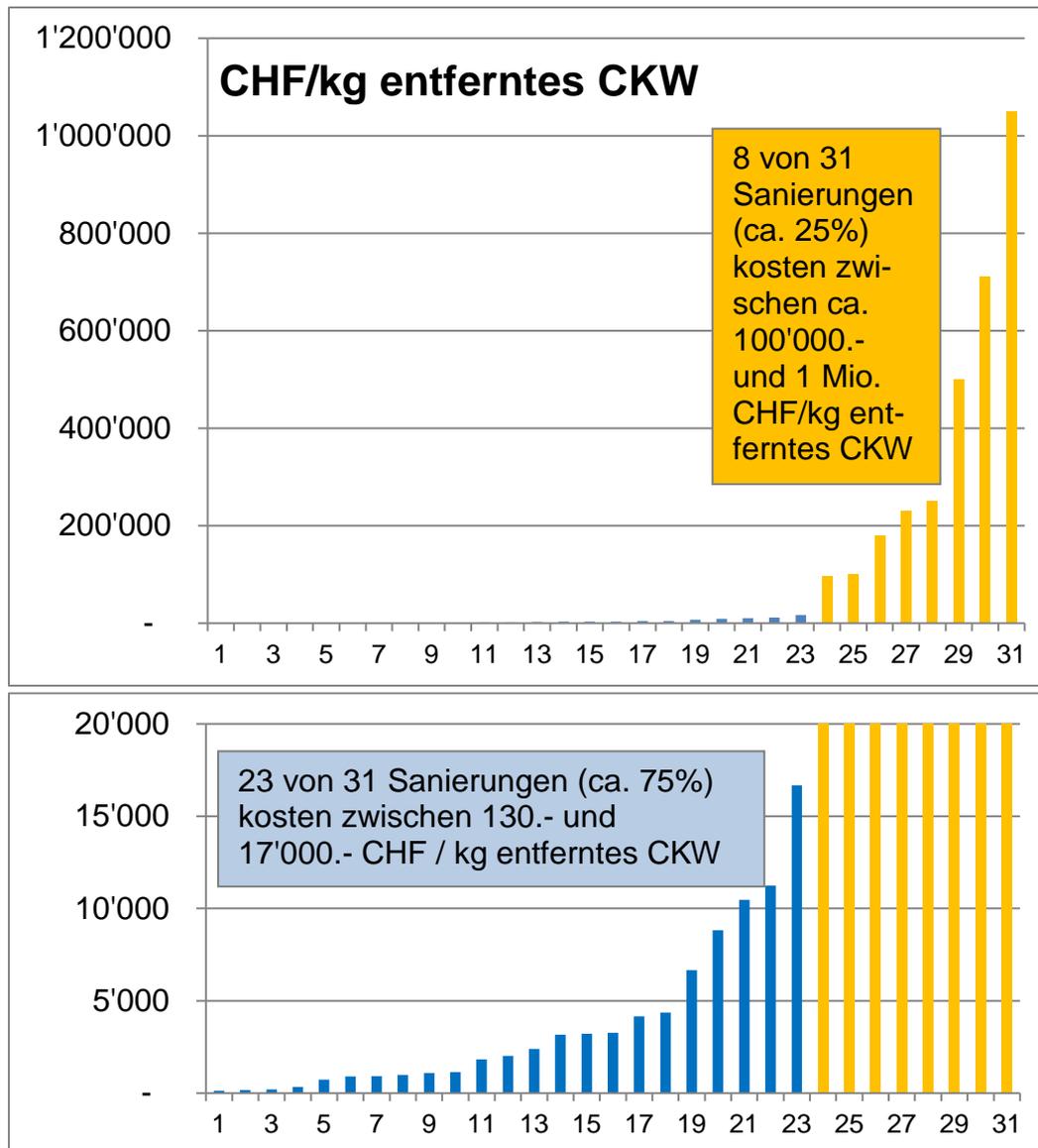
Beispielsweise kann bei einem kurz- bis mittelfristig erwarteten Bauvorhaben, welches mit weiteren Sanierungsmassnahmen gekoppelt ist (z.B. Aushub), die zu einer wesentlichen Verbesserung der Situation führen, ein Sanierungsunterbruch bis zum erwarteten Zeitpunkt des Bauvorhabens diskutiert werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass durch ein Bauvorhaben eine bessere Zugänglichkeit für Sanierungsmassnahmen resultiert. Auch hier kann ein Sanierungsunterbruch bis zur Durchführung dieses Bauvorhabens sinnvoll sein.

Grundsätzlich ist bei allen Entscheiden bzgl. Bauvorhaben immer die Einhaltung von Art. 3 AltIV zu berücksichtigen.

Kriterium 17

Kosten/Nutzen

Eine (nicht repräsentative) Auswertung der Sanierungskosten von 31 abgeschlossenen und z.T. noch laufenden CKW-Sanierungen in der Schweiz zeigt das Kostenspektrum pro entferntem kg CKW (vgl. Diagramm unten, im oberen Teil mit y-Achse bis 1.2 Mio CHF / kg entferntes CKW und im unteren Teil zur besseren Lesbarkeit mit angepasster y-Achse bis 20'000 CHF/kg. Auf der x-Achse sind die Fälle nach aufsteigenden Kosten geordnet).



Obige Daten können als Anhaltspunkt für die Beurteilung des Einzelfalls dienen. Daraus können jedoch keine „Grenzwerte“ für die Verhältnismässigkeit abgeleitet werden. Die Daten geben aber einen Hinweis, in welchen Bereichen die Verhältnismässigkeit näher geprüft werden sollte.

Wesentlich ist, dass sich das Kriterium ausschliesslich auf die Kosten für die **zukünftigen** Massnahmen bezieht. Dabei hängt es von der Evaluation der Sanierungsvarianten (vgl. Kriterium 15) ab, welche „neue“ Sanierungsmethode bzgl. Kosten zu bewerten ist. In aller Regel kann es sich nur um eine grobe Abschätzung handeln. Dies ist aber vertretbar, da die obige Auswertung auch nur Bereiche möglicher Kosten verdeutlichen soll.

Kriterium 18

Umweltverträglichkeit und ökologischer Nutzen

Die Bestimmung und Beurteilung der Umweltverträglichkeit bzw. des ökologischen Nutzens zusätzlicher Sanierungsmassnahmen ist in der Regel mit einem sehr hohen Aufwand ver-

bunden. Falls eine solche Beurteilung nicht in ausreichend fundierter Form möglich ist, muss auf die Bewertung dieses Kriteriums verzichtet werden.

Kriterium 19

Erforderliche Sicherungsmassnahmen

Es ist zu unterscheiden, ob eine Sicherungsmassnahme während eines Unterbruchs erforderlich ist und damit angewendet werden muss, oder ob eine Sicherung als Sanierungsmassnahme durchgeführt wird (als Ergebnis des Variantenstudiums).

Die Bewertung des Kriteriums bezieht sich auf die Sicherung als erforderliche Massnahme bei einem Unterbruch. Wenn diese notwendige Sicherung technisch schwierig ist, bzw. nur mit hohem Aufwand durchgeführt werden kann, spricht dies eher gegen einen Sanierungsunterbruch.

(Version 28. Oktober 2017)

Anhang 3

Hilfestellung für den Umgang mit Vinylchlorid-Belastungen

Anlass

In der Praxis nimmt Vinylchlorid (VC) unter den chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) aufgrund seiner besonderen Eigenschaften häufig eine Sonderstellung ein. VC kann unter anaeroben Bedingungen als Abbauprodukt aus anderen CKW entstehen und wird unter günstigen Bedingungen weiter abgebaut. Gleichzeitig ist sein Konzentrationswert gemäss Anhang 1 der Altlastenverordnung (AltV) aufgrund seiner Toxizität mit 0.5 µg/l äusserst tief. Im Grundwasser sind in der Schweiz keine langen VC-Fahnen zu beobachten. In Grundwasserfassungen wird VC nicht nachgewiesen¹.

Die Beurteilung von VC-Belastungen hat in den letzten Jahren viele Fragen aufgeworfen resp. führte in der Vergangenheit häufig zur unbefriedigenden Situation, dass ein Sanierungserfolg bzgl. VC im Gewässerschutzbereich A_U als unwahrscheinlich eingeschätzt oder trotz Sanierungsmassnahmen der erforderliche ½-Konzentrationswert von VC im Grundwasser im Abstrom des Standortes nicht erreicht wurde.

In verschiedenen ChloroNet-Merkblättern zum Umgang mit CKW-Belastungen wurde VC aufgrund seiner besonderen Eigenschaften bewusst ausgeklammert. Das vorliegende Merkblatt soll nun eine Hilfestellung für den Umgang mit VC-Belastungen bieten.

Eigenschaften von VC

Eine VC-Anwendung als primäres Produkt ist bei früheren Betriebstätigkeiten äusserst selten und wird nachfolgend nicht betrachtet. VC steht aber als Abbauprodukt vor Ethen am Ende der anaeroben Abbaukette aller anderen CKW und kann daher unabhängig von der Ausgangsverunreinigung eine Rolle spielen. VC zeichnet sich im Besonderen durch folgende Eigenschaften aus:

- äusserst flüchtiger Stoff (im Feststoff kaum messbar)
- primär gelöst vorhanden
- toxisch; tiefer Konzentrationswert (0.5 µg/l) ist begründet
- unter günstigen Bedingungen im Grundwasser abbaubar

Die Anwendung einiger Sanierungsverfahren kann zu einer signifikanten VC-Bildung führen (z.B. anaerobe biologische Sanierungsverfahren, vgl. Kasten unten). Bei solchen Verfahren muss darauf geachtet werden, dass daraus keine grössere Umweltgefährdung resultiert.

Biologische Sanierungsverfahren

- Die Wirkung von biologischen Verfahren beruht auf der Abbaubarkeit der Schadstoffe vor allem durch mikrobiologische Organismen.
- CKW wie PER, TRI und CIS werden dabei vielfach nicht vollständig, sondern in anaerobem reduzierendem Milieu nur bis zum VC abgebaut. Außerdem gibt es auch aerobe Abbauprozesse.
- Bei CKW-Verunreinigungen muss daher der Einsatz von anaeroben biologischen und chemischen Verfahren, die das Grundwassermilieu verändern vorgängig gut überprüft werden, um die Generierung eines allfälligen VC-Problems zu vermeiden.

Ansatz für den Gewässerschutzbereich A_U

¹ Gemäss Umfrage in den Kantonen sowie gemäss NAQUA-Bericht Messungen 2011
Expertenbericht Risikomanagement, Version 23. April 2018

Im Gewässerschutzbereich A_U ist eine Anhebung des VC-Sanierungszielwerts gemäss Artikel 15 AltIV maximal bis zum Konzentrationswert zulässig (bei Erfüllung der anderen Bedingungen). Grund dafür ist der gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) zwingend einzuhaltenen Trinkwassergrenzwert gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV), welcher ebenfalls 0.5 µg/l beträgt². Bei Standorten ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A_U bietet Artikel 15 AltIV in der Regel ausreichend Spielraum zur Anpassung des Sanierungsziels, so dass sich dort diese Probleme nicht stellen³.

Nachfolgendes Vorgehen soll eine Hilfestellung für den Umgang mit VC-Belastungen bei Standorten im Gewässerschutzbereich A_U bieten, als Ergänzung zu den bisherigen ChloroNet-Empfehlungen.

Aufgrund der besonderen Eigenschaften von VC wird – im Gegensatz zu den bereits vorhandenen Empfehlungen für CKW-Belastungen im Generellen– insbesondere auch ein Lösungsansatz für den Umgang mit VC-Belastungen vor der Sanierung vorgeschlagen (Sanierungsaufschub unter gewissen Bedingungen, vgl. nachfolgende Erläuterungen).

1. Vor der Sanierung

<u>Voraussetzung:</u>	Vorliegen einer Evaluation von Sanierungsvarianten (erste Phase Sanierungsprojekt), um die Verhältnismässigkeit abschätzen zu können
<u>Ziel:</u>	Beurteilung, ob die Mindestanforderungen für einen Sanierungsaufschub ⁴ gegeben sind (→spezielles Vorgehen ist nur für VC anwendbar). Die Beurteilung zur Anpassung der Dringlichkeit durch verlängerte Frist zur Sanierung erfolgt unter Anwendung von Art. 18 Abs. 2 Bst. b AltIV, Standort bleibt sanierungsbedürftig ⁵

2. Nach Durchführen von Sanierungsmassnahmen

<u>Voraussetzung:</u>	Durchführen von adäquaten Massnahmen ist erfolgt, ½-Konz. Wert für VC ist überschritten (kein Sanierungserfolg aufgrund VC-Belastung)
<u>Ziel:</u>	Beurteilung ob Kriterien für einen Sanierungsunterbruch angewendet werden können

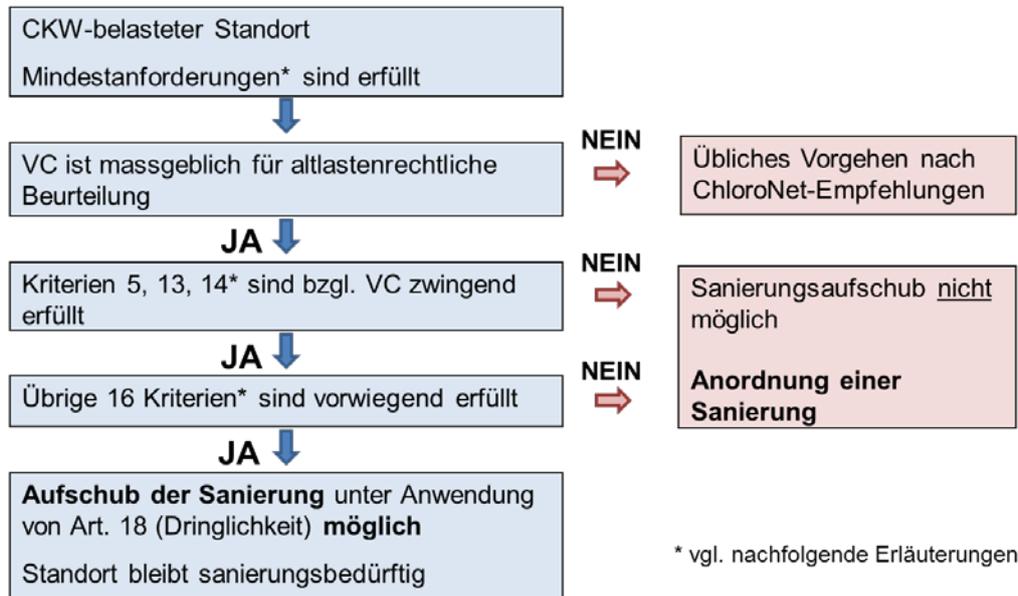
² Gemäss Art. 15 Abs. 2 Bst. c AltIV ist im Gewässerschutzbereich A_U für eine Abweichung vom Ziel die Nutzbarkeit des Grundwassers zu gewährleisten → Bezug auf Anh. 4 Ziff. 111 Abs.2 Bst. b GSchV, wonach im A_U die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung an das Trinkwasser einzuhalten sind (Trinkwassergrenzwert für VC gemäss FIV: 0.5 µg/l)

³ Ausserhalb des Gewässerschutzbereiches A_U ist Art. 15 Abs. 2 Bst. c AltIV nicht relevant

⁴ Mindestanforderungen für einen Sanierungsaufschub entsprechen weitgehend den Kriterien für einen Sanierungsunterbruch (Vorgehen gilt nur für VC)

⁵ Gemäss Art. 18 Abs. 2 Bst. b AltIV beurteilt die Behörde anhand eines Entscheides die einzuhaltenden Fristen

Anforderungen für einen Sanierungsaufschub



Mindestanforderungen für einen Sanierungsaufschub⁶:

<i>Minimalanforderung Informationsstand</i>	<p>Art, Lage und Menge der Schadstoffe im Untergrund sowie deren Veränderung im zeitlichen Verlauf sind mit ausreichender Genauigkeit bekannt. Dies gilt auch für die relevanten Einsickerungsstellen/Eintragsorte.</p> <p>Ausbreitungspfade der Schadstoffe im Untergrund und im abströmenden Grundwasser sind mit ausreichender Genauigkeit bekannt.</p> <p>Die Informationen müssen umfassend sein und einer Plausibilisierung genügen.</p>
<i>Mindestanforderung Schutzgut</i>	<p>Die Nutzung von Trinkwasserfassungen oder Schutzarealen, die von der vom Standort stammenden CKW-Emission betroffen sind, ist ohne oder nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren uneingeschränkt möglich.</p>
<i>Mindestanforderung Standort</i>	<p>Die Standortabgrenzung bleibt stabil, es handelt sich um ein stationäres System.</p> <p>Der Standort bleibt in Zukunft für Sanierungsmassnahmen zugänglich (Art. 3 AltIV).</p>

Kriterien Nr. 5, Nr. 13 und Nr.14

Grundsätzlich erfolgt die Beurteilung eines Sanierungsaufschubs analog zur Beurteilung eines Sanierungsunterbruchs bei den übrigen CKW-Substanzen. Aufgrund der besonders hohen Toxizität werden allerdings die nachfolgenden Kriterien 5, 13 und 14 als *zwingend* vorausgesetzt.

⁶ Entsprechen den Mindestanforderungen zum Sanierungsunterbruch (vgl. separates ChloroNet-Merkblatt «Kriterien für einen Sanierungsunterbruch»)
Expertenbericht Risikomanagement, Version 23. April 2018

<i>Natürlicher Abbau (Kriterium 5)</i>	Bedingungen für einen vollständigen Abbau müssen gegeben sein. Für den aeroben Abbau ⁷ sind innerhalb von rund 100 m ab Standortgrenze ⁸ folgende Nachweise zu erbringen: <ul style="list-style-type: none">- Vorhandensein eines sauerstoffreichen Grundwasser-Milieus⁹ und- VC liegt im Grundwasser unter der Bestimmungsgrenze Der vollständige Abbau muss ausserhalb von Schutzzone oder Schutzareal erfolgen.
<i>Einfluss des Standortes auf bestehende Fassungen (Kriterium 13)</i>	Kein VC in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze in der Fassung feststellbar
<i>Andere Schutzgüter in relevantem Mass betroffen? (Kriterium 14)</i>	Gefährdungsabschätzung für die Luft (Raumluft): <ul style="list-style-type: none">- Können die vom Standort ausgehenden VC-Emissionen an Orte gelangen, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten (z.B. in Gebäuden) und dort zu einer Gefährdung führen? Gefährdungsabschätzung für das oberirdische Gewässer: <ul style="list-style-type: none">- Gelangt belastetes Grundwasser direkt oder via Leitungen, Drainagen in ein oberirdisches Gewässer und führt der VC-Eintrag dort zu einer Gefährdung?

Anforderungen für einen Sanierungsunterbruch

Vorgehen analog zu den übrigen CKW gemäss ChloroNet-Empfehlungen.

Keine speziellen Anforderungen für VC. Kriterien für einen Sanierungsunterbruch gemäss Merkblatt müssen überwiegend erfüllt sein. Kriterium 1 (Konzentration im unmittelbaren Abstrom – Abweichung vom Sanierungsziel in %) ist weniger stark zu gewichten.

Anforderungen bezüglich VC für eine Standortlöschung

Für eine Standortlöschung müssen bei VC folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Kriterien bezüglich CKW für eine Löschung sind erfüllt (vgl. Konzentrationswerte für Feststoff, Porenluft und Grundwasser im ChloroNet Merkblatt zur Standortabgrenzung).
- VC im unmittelbaren Abstrom des Standortes liegt dauerhaft $< 0.25 \mu\text{g/l}$ ($\frac{1}{2}$ -Konzentrationswert gemäss zukünftig revidierter AltIV)
- Es liegt kein Nachweis für vom Standort stammendes VC in einer Fassung vor ($<$ Bestimmungsgrenze)

Die Anforderungen gelten vor und nach Durchführung von Massnahmen.

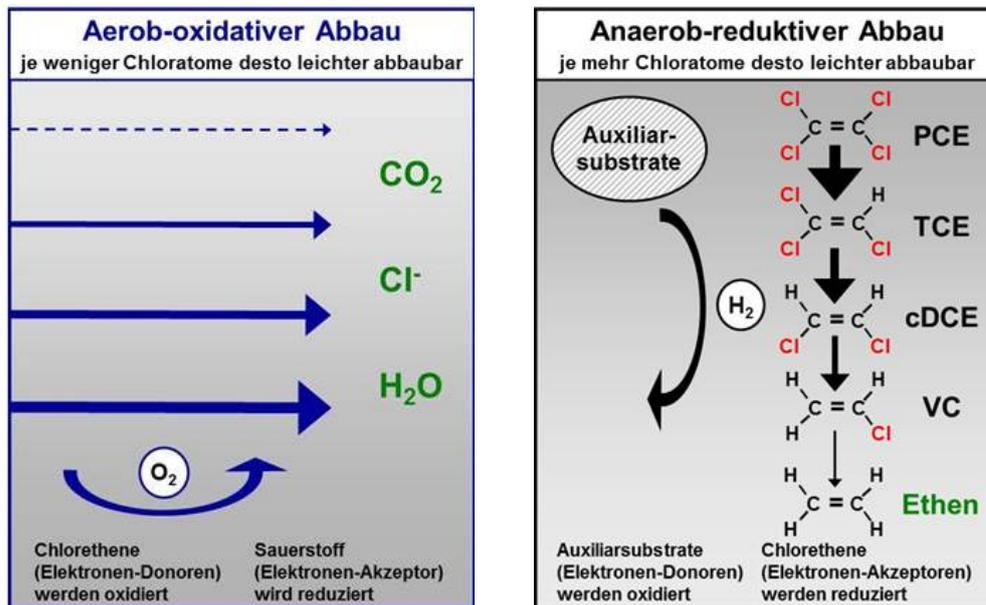
⁷ Bei einem anaeroben Abbau in einem sauerstoffarmen Milieu sind höhere Anforderungen notwendig (z.B. Nachweis eines Abbaus zu Ethen oder Nachweis der Anwesenheit von Dehalococcoides, vgl. Anhang)

⁸ Im Einzelfall abzuwägen, bei grösserer Distanz zu begründen.

⁹ d.h. O₂-Sättigung in etwa $> 60\%$

Anhang

Abbauwege von Vinylchlorid (VC)



(Abbildungsnachweis: TZW Karlsruhe)

Bei Vinylchlorid (VC) können zwei verschiedene biologische Abbauprozesse greifen, die unterschiedliche Milieubedingungen erfordern.

1. Aerob-oxidativer Abbau:

Mit Sauerstoff kann VC aerob oxidiert und mineralisiert, d.h. zu Kohlenstoffdioxid, Chlorid und Wasser umgesetzt, werden. Generell verläuft der aerob-oxidative Abbau umso leichter ab, je weniger Chlor-Atome das Chlorethen enthält. Aerob-oxidativ abbauende Bakterien können mit MPN (Most Probable Number) und Abbauprobversuchen nachgewiesen werden.

2. Anaerob-reduktive Dechlorierung:

Unter ausreichend anaeroben Bedingungen kann die anaerob-reduktive Dechlorierung vollständig bis zum Ethen ablaufen; d.h. VC wird unter Abspaltung eines Chlor-Atoms zu Ethen reduziert. Dazu sind nur Bakterien der Gattung Dehalococcoides in der Lage. Generell verläuft die anaerob-reduktive Dechlorierung umso leichter ab, je mehr Chlor-Atome das Chlorethen enthält. Anaerob-reduktive dechlorierende Bakterien können mit PCR (Polymerase Chain Reaction) und Abbauprobversuchen nachgewiesen werden.

(Version 20. Oktober 2017)