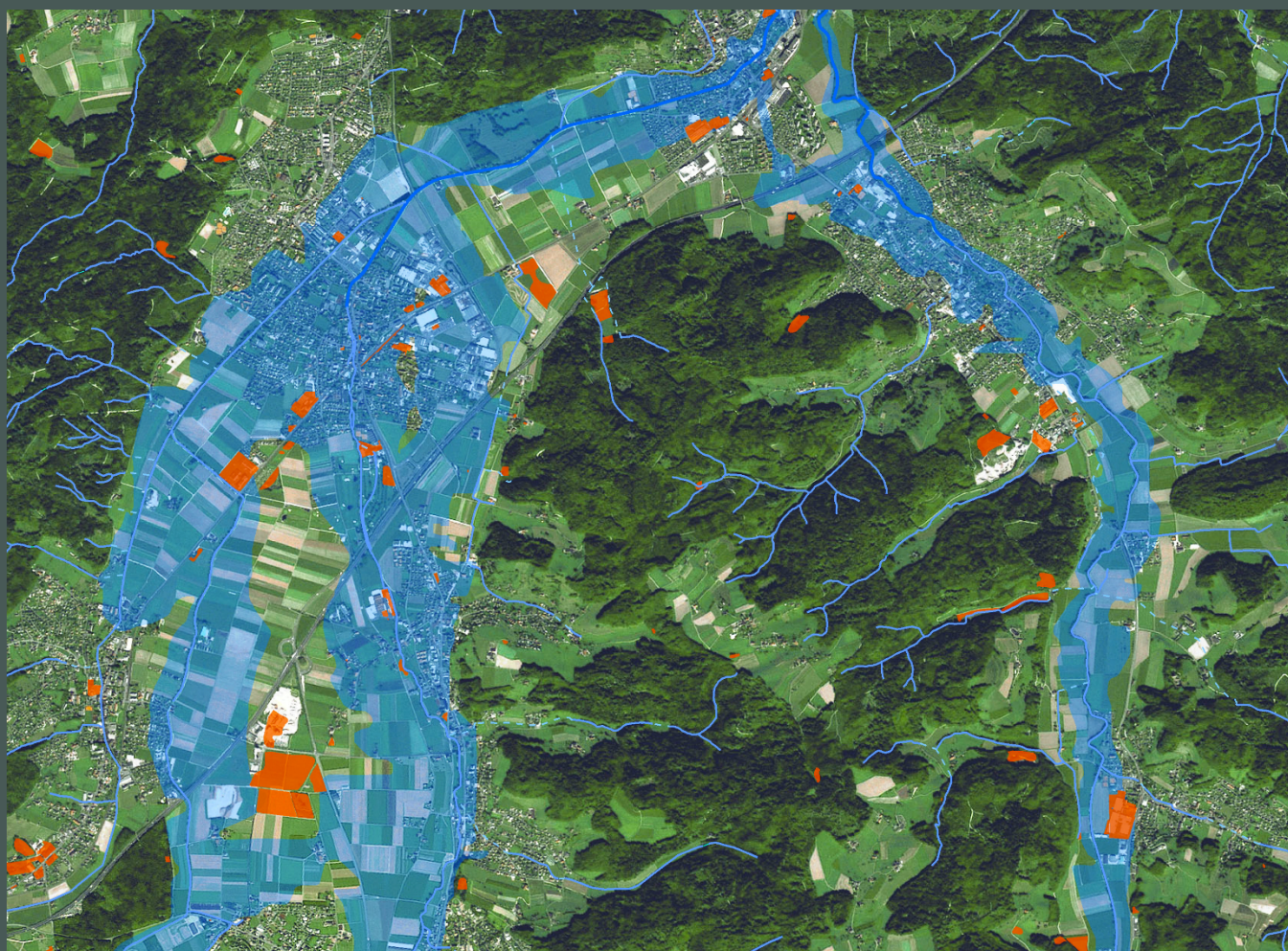


Belastete Standorte und Oberflächengewässer

Übersicht und Hilfestellung für den Altlastenvollzug



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Belastete Standorte und Oberflächengewässer

Übersicht und Hilfestellung für den Altlastenvollzug

Impressum

Rechtliche Bedeutung

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Beat Rick, Dr. von Moos AG, Zürich

Christoph Reusser, Abt. Boden und Biotechnologie, BAFU

Begleitgruppe

Ueli Aeschlimann, AfU AG;

Bettina Flury, AWEL ZH;

Pius Niederhauser, Cercl'eau;

Beat Rick, Dr. von Moos AG, ZH;

Murielle Voutaz, DUW VS.

Begleitung BAFU:

Christoph Reusser, Abt. Boden und Biotechnologie

Reto Tietz, Abt. Boden und Biotechnologie

Christiane Wermeille, Abt. Boden und Biotechnologie

Christian Holzgang, Abt. Gefahrenprävention

Yael Schindler, Abt. Wasser

Lukas Berger, Abt. Recht

Satenig Chadoian, Abt. Recht

Simona Weber, Abt. Recht

Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2020: Belastete Standorte und Oberflächengewässer. Übersicht und Hilfestellung für den Altlastenvollzug. Bundesamt für Umwelt, Bern. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2015: 59 S.

Gestaltung

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild

Illustrierender GIS-Kartenausschnitt der Schweiz

Legende: blau: Oberflächengewässernetz; blaue Flächen:

Perimeter eines hundertjährigen Hochwasserereignisses

HQ₁₀₀ (nur teilweise eingezeichnet); rote Flächen: Polygone

der belasteten Standorte gemäss AltIV aus den Katastern von

Kantonen und Bundesstellen

Abbildungen

Lorenz Grämiger, Dr. von Moos AG, Zürich,

Überarbeitung: Atelier Pfenninger, Zürich

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uv-2015-d

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2020

Inhaltsverzeichnis

<u>Abstracts</u>	5	<u>5 Belasteter Standort in einem Gewässer</u>	43
		5.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)	43
<u>Vorwort</u>	7	5.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)	43
		5.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)	45
<u>1 Einleitung</u>	8	5.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit	50
1.1 Ausgangslage	8	5.5 Sanierungsprojekt und Sanierung	50
1.2 Ziele der Vollzugshilfe	9		
1.3 Rechtliche Grundlagen	9		
		<u>6 VASA-Abgeltungen</u>	52
<u>2 Definitionen und Geltungsbereich</u>	15	6.1 Anforderungen und Verfahren für VASA-Abgeltungen	52
2.1 Lage des Standorts bezüglich dem Oberflächengewässer 15		6.2 Belastete Standorte an einem Gewässer	52
2.2 Belastete Standorte an einem Gewässer	17	6.3 Belastete Standorte über einem Gewässer	53
2.3 Belastete Standorte über einem Gewässer	19	6.4 Belastete Standorte in einem Gewässer	54
2.4 Belastete Standorte in einem Gewässer	21	6.5 Bauvorhaben	54
2.4.1 Belastete Gewässersedimente und Abfälle in einem Gewässer	21	6.6 VASA-Abgeltungen bei kombinierten Projekten	55
2.4.2 Vorgehen bei der Abgrenzung eines Standorts im Gewässer	23	<u>Abbildungsverzeichnis</u>	57
2.5 Wasserbauprojekte	25		
2.6 Genereller Ablauf	26	<u>Tabellenverzeichnis</u>	58
2.7 Anpassung der Sanierungsziele gemäss Art. 15 Abs. 3 AltIV	27		
		<u>Literatur und Quellenangabe</u>	59
<u>3 Belasteter Standort an einem Gewässer</u>	29		
3.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)	29		
3.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)	30		
3.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)	33		
3.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit	34		
3.5 Sanierungsprojekt und Sanierung	35		
<u>4 Belasteter Standort über einem Gewässer</u>	36		
4.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)	36		
4.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)	36		
4.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)	39		
4.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit	40		
<u>4.5 Sanierungsprojekt und Sanierung</u>	40		

Abstracts

Around a fifth of all Switzerland's approximately 38,000 polluted sites are located in the immediate vicinity of surface waters. Some of these sites lie above a culverted watercourse, while others are even located wholly or partially within a body of surface water. Managing polluted sites while protecting such a complex and dynamic natural resource as surface water is challenging: in particular, investigating such sites, assessing the risks they pose and determining any remediation objectives entail specific difficulties. Furthermore, multiple areas of expertise and law are always involved – in particular contaminated sites, waters protection, rehabilitation and flood protection – which makes closely coordinated cooperation essential.

This enforcement aid is intended to provide an overview of the topic as well as practical assistance with enforcing legislation on contaminated sites in conjunction with surface waters.

In der Schweiz befinden sich rund ein Fünftel aller ca. 38 000 belasteten Standorte in unmittelbarer Nähe eines Oberflächengewässers. Einige dieser Standorte liegen über einem eingedolten Fliessgewässer, andere sogar ganz oder teilweise innerhalb eines Oberflächengewässers. Die Bearbeitung von belasteten Standorten im Zusammenhang mit dem sehr komplexen und dynamischen Schutzgut Oberflächengewässer ist anspruchsvoll: so weisen insbesondere die Untersuchung dieser belasteten Standorte, ihre Gefährdungsabschätzung oder auch die Festlegung der allfälligen Sanierungsziele spezifische Schwierigkeiten auf. Überdies sind dabei immer mehrere Fach- und Rechtsbereiche betroffen – so insbesondere Altlasten, Gewässerschutz, Revitalisierung oder Hochwasserschutz – was eine eng koordinierte Zusammenarbeit unerlässlich macht.

Die vorliegende Vollzugshilfe soll eine Übersicht über die Thematik bieten und eine praktisch anwendbare Hilfestellung für den Altlastenvollzug im Zusammenhang mit Oberflächengewässern leisten.

En Suisse, un cinquième environ des 38 000 sites pollués sont à proximité immédiate d'une eau de surface. Certains se trouvent au-dessus d'un cours d'eau mis sous terre, tandis que d'autres sont partiellement ou entièrement situés dans l'eau. En raison de leur dynamique et de leur complexité, les eaux de surface, qui sont des biens à protéger, rendent délicat le traitement des sites pollués sis à proximité : l'investigation des sites, l'estimation de la mise en danger et la définition des objectifs de l'assainissement, en particulier, présentent des difficultés spécifiques. Comme la tâche couvre plusieurs domaines spécialisés et domaines juridiques – en particulier le traitement des sites pollués, la protection des eaux, la revitalisation et la protection contre les crues –, il est indispensable de mettre en place une collaboration rigoureusement coordonnée.

Keywords:

Polluted sites, watercourses, surface waters, risk assessment, contaminated sites, contaminated site enforcement

Stichwörter:

Belastete Standorte, Fliessgewässer, Oberflächengewässer, Gefährdungsabschätzung, Altlasten, Altlastenvollzug

Mots-clés:

sites pollués, eaux de surface, cours d'eau, estimation de la mise en danger, objectifs de l'assainissement, gestion des sites pollués

La présente aide à l'exécution donne une vue d'ensemble de la thématique et fournit une aide concrète pour le traitement des sites pollués sis à proximité d'eaux de surface.

Un quinto circa dei 38 000 siti inquinati in Svizzera è situato nelle immediate vicinanze di acque superficiali. Alcuni di questi siti si trovano sopra corsi d'acqua coperti, altri in parte o addirittura interamente dentro acque superficiali. Il trattamento di un sito inquinato, che tenga al contempo conto di un bene da proteggere molto complesso e dinamico quale possono essere le acque superficiali, è esigente: le indagini in particolare per questi siti inquinati, la relativa stima della minaccia o anche la determinazione degli eventuali obiettivi di risanamento presentano difficoltà specifiche. Inoltre in questo contesto entrano sempre in linea di conto diversi settori specializzati e ambiti giuridici (p. es. siti contaminati, protezione delle acque, rivitalizzazione o protezione delle acque), un aspetto che rende indispensabile un elevato livello di coordinamento nella collaborazione.

Il presente aiuto all'esecuzione dovrà fornire una vista d'insieme sulla tematica e semplificare l'applicazione pratica nel quadro dell'esecuzione in materia di siti contaminati in relazione con le acque superficiali.

Parole chiave:

siti inquinati, corsi d'acqua, acque superficiali, stima della minaccia, siti contaminati, esecuzione in materia di siti contaminati

Vorwort

In der Schweiz gibt es rund 38 000 belastete Standorte. Von schätzungsweise rund 4000 geht eine Gefahr aus, dass sie Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden oder Luft beeinträchtigen. Damit können auch Menschen von einer Verunreinigung unmittelbar betroffen werden.

Viele belastete Standorte liegen in unmittelbarer Nähe eines stehenden Gewässers oder eines Fließgewässers. Damit sind oft Sanierungen belasteter Standorte integraler Bestandteil von Projekten wie Gewässerrevitalisierungen und Hochwasserschutzprojekten. Bei Gewässerprojekten, bei denen gleichzeitig Altlasten saniert werden, können fast immer wertvolle Synergien genutzt werden.

Bei belasteten Standorten an Oberflächengewässern ist die Umsetzung der Altlasten-Verordnung (AltIV) anspruchsvoll. So beispielsweise die Untersuchung dieser Standorte, die Gefährdungsabschätzung für das Gewässer oder auch die Festlegung von Sanierungszielen.

Dabei zahlt sich ein gemeinsames Verständnis und eine frühzeitige Koordination zwischen den entsprechenden Fachbereichen aus. Die vorliegende Vollzugshilfe soll ihren Beitrag leisten, die mannigfaltigen Fragestellungen im Zusammenhang mit belasteten Standorten und Oberflächengewässern zu klären.

Diese Mühe lohnt sich! Die Sanierungen belasteter Standorte nahe an Oberflächengewässern leisten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Wasserqualität der Schweizer Oberflächengewässer.

Franziska Schwarz
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Von den schweizweit rund 38 000 belasteten Standorten kann ein beträchtlicher Anteil potentiell auch eine Gefährdung für das Schutzgut Oberflächengewässer darstellen; sowohl für stehende Gewässer wie Seen oder Teiche, als auch für Fließgewässer wie Flüsse oder Bäche.

Eine GIS-basierte Auswertung zeigt, dass schweizweit ca. 8000 belastete Standorte (also gut ein Fünftel aller belasteten Standorte) in unmittelbarer Nähe (< 20 m) eines Oberflächengewässers liegen. Zum einen liegt dies sicher daran, dass die Schweiz ein sehr dichtes Oberflächengewässernetz aufweist. Zum anderen haben sich gewisse industrielle Betriebe aber auch bewusst an Oberflächengewässern angesiedelt, sei es z.B. zur Deckung ihres Wasser- und Energiebedarfs oder zur Nutzung des Gewässers als Transportmittel. Oft finden sich an Gewässern auch Abfallablagerungen, zum Teil aus benachbarten Betriebsstandorten, oftmals auch in Form von Seeuferschüttungen zur damaligen Melioration und Landgewinnung. Häufig wurden Geländeeinschnitte von Oberflächengewässern zur Abfallablagerung genutzt: Dazu wurde das Gewässer meist eingedolt und das Tobel anschliessend mit Abfällen aufgefüllt. Das BAFU schätzt, dass in der Schweiz rund 1200 Deponien über eingedolten Gewässern liegen. Zudem gibt es belastete Standorte, welche innerhalb eines Oberflächengewässers (meist Seen) liegen. Sei dies, weil Abfälle direkt in das Oberflächengewässer abgelagert wurden, oder auch weil sich landseitige belastete Standorte mit der Zeit darin ausgebreitet haben. Das BAFU schätzt, dass es schweizweit rund 400 belastete Standorte gibt, welche ganz oder teilweise innerhalb eines Oberflächengewässers liegen. Aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum Schutzgut müssen belastete Standorte in oder über einem Oberflächengewässer praktisch immer untersucht und viele von ihnen auch saniert werden.

Beim Oberflächengewässer handelt es sich um ein sehr dynamisches und komplexes Schutzgut (Erosionsprozesse, komplexe Schadstofftransferprozesse im Gewässersediment etc.), welches im Zusammenhang mit belasteten Standorten einige spezifische Schwierigkeiten aufweist. Insbesondere die Untersuchung dieser Standorte, die Gefährdungsabschätzung für das Gewässer oder auch die Festlegung von Sanierungszielen sind anspruchsvoll. Spezifische Fragestellungen ergeben sich insbesondere auch bei belasteten Standorten, welche innerhalb von Oberflächengewässern liegen, z.B. bei der Art der Beprobung, der Beurteilung der belasteten Gewässersedimente oder auch schon bei der Frage, wann eine Sedimentbelastung überhaupt als belasteter Standort gemäss AltIV gilt.

Bei den zahlreichen aktuellen sowie geplanten Gewässerprojekten – insbesondere Hochwasserschutzprojekte und Revitalisierungen – werden oft auch belastete Standorte tangiert. Wie bei allgemeinen Bauprojekten, ist es auch bei solchen Projekten wichtig, die Altlastenbearbeitung mit dem Gesamtprojekt zu koordinieren und die belasteten Standorte rechtzeitig gemäss Art. 7 AltIV zu untersuchen und gemäss Art. 8 AltIV zu beurteilen. Die Abklärung eines allfälligen Sanierungsbedarfs des belasteten Standorts vor Beginn der Baumassnahmen ist essentiell: nur so kann beurteilt werden, ob beim Standort Sanierungsmassnahmen gemäss AltIV notwendig sind oder ob allenfalls Massnahmen zur Verhinderung eines Sanierungsbedarfs getroffen werden müssen. Dies hat auch einen entscheidenden Einfluss auf die Kostenverteilung. Durch die rechtzeitige Klärung dieser Fragen gewinnt die Bauherrschaft Planungssicherheit über die zu erwartenden Kosten und die voraussichtlich anzuwendende Kostenverteilung im Bereich Altlasten. Idealerweise können dabei Synergien genutzt werden,

indem gleichzeitig z.B. eine Altlast saniert, das Gelände renaturiert und eine Hochwasserschutzmassnahme realisiert werden können. Da hierbei verschiedene Fach- und Rechtsbereiche tangiert werden (insbesondere Altlasten, Gewässerschutz, Revitalisierung, Hochwasserschutz) ist eine rechtzeitige und enge Zusammenarbeit zu empfehlen. Der Fokus der vorliegenden Vollzugshilfe liegt aber vor allem auf dem Fachbereich Altlasten; die anderen Fachbereiche werden nur soweit behandelt, wie sie sich im Bereich der Schnittstelle zum Altlastenrecht befinden. Dabei ist vor allem auch die Frage von Interesse, welche Massnahmen das BAFU als VASA-abgeltungsberechtigt anerkennt und welche nicht.

Die Vollzugshilfe soll eine Übersicht über die wesentlichen Aspekte der Thematik «Belastete Standorte und Oberflächengewässer» und eine praktisch anwendbare Hilfestellung für die Bearbeitung solcher Standorte bieten.

1.2 Ziele der Vollzugshilfe

Die vorliegende Vollzugshilfe soll zunächst konkretisieren, welche Belastungen innerhalb oder in der Nähe von Oberflächengewässern als belastete Standorte gemäss AltIV zu gelten haben und welche nicht gemäss AltIV beurteilt und allenfalls saniert werden können. Dabei werden drei mögliche Typen von belasteten Standorten in der Nähe von Oberflächengewässern unterschieden: belastete Standorte *an* einem Gewässer, belastete Standorte *über* einem Gewässer (belastete Standorte mit Eindolung) und belastete Standorte *in* einem Gewässer. Für diese soll jeweils aufgezeigt werden, ob und wie sie gemäss AltIV zu untersuchen, zu beurteilen und allenfalls zu sanieren sind. Im Weiteren soll auf Wasserbauprojekte an Oberflächengewässern (insbesondere Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekte) im Zusammenhang mit der Beurteilung und Sanierung von belasteten Standorten eingegangen werden. Schliesslich wird erläutert, welche Anforderungen für VASA-Abgeltungen des Bundes erfüllt sein müssen, und welche Massnahmen über den VASA-Fonds abgegolten werden können.

1.3 Rechtliche Grundlagen

Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV)

Zweck und Gegenstand der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) ist die Sicherstellung, dass, im Sinne des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), *belastete Standorte saniert werden, wenn sie zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen führen oder wenn die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen. Sie regelt für die Bearbeitung belasteter Standorte die folgenden Verfahrensschritte:*

- a. *die Erfassung in einem Kataster*
- b. *die Beurteilung der Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit*
- c. *die Beurteilung der Ziele und der Dringlichkeit der Sanierung*
- d. *die Festlegung der Untersuchungs-, Überwachungs- und Sanierungsmassnahmen*

Gemäss Art. 2 Abs. 1 AltIV ist der Begriff «**belasteter Standort**» folgendermassen definiert:

Belastete Standorte sind Orte, deren Belastungen von Abfällen stammen und die eine beschränkte Ausdehnung aufweisen. Sie umfassen:

- a. *Ablagerungsstandorte: stillgelegte oder noch in Betrieb stehende Deponien und andere Abfallablagerungen; ausgenommen sind Standorte, an die ausschliesslich unverschmutztes Aushub, Ausbruch- und Abraummaterial gelangt ist;*
- b. *Betriebsstandorte: Standorte, deren Belastung von stillgelegten oder noch in Betrieb stehenden Anlagen oder Betrieben stammt, in denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist;*
- c. *Unfallstandorte: Standorte, die wegen ausserordentlicher Ereignisse, einschliesslich Betriebsstörungen, belastet sind.*

Deponien gemäss VVEA (ehemals TVA) gelten zwar auch als belastete Standorte, fallen jedoch nicht unter den Geltungsbereich dieser Vollzugshilfe.

Gemäss Art. 3 Bst. b AltIV darf ein sanierungsbedürftiger belasteter Standort (Altlast) durch die Realisierung eines Bauvorhabens nur verändert werden, wenn seine spätere Sanierung nicht wesentlich erschwert wird oder er – soweit er durch das Bauvorhaben verändert wird – gleichzeitig mit dem Bauvorhaben saniert wird. Aus Synergiegründen und aufgrund der Rechtssicherheit empfiehlt es sich, Sanierungen, wenn immer möglich vor oder gleichzeitig mit dem Bauvorhaben umzusetzen. Bei nicht sanierungsbedürftigen belasteten Standorten muss sichergestellt werden, dass sie durch das Bauprojekt nicht sanierungsbedürftig werden (Art. 3 Bst. a AltIV). Als Bauvorhaben gelten auch wasserbauliche Projekte (Hochwasserschutz, Revitalisierungen etc.).

Die Behörde trägt diejenigen Standorte in den **Kataster der belasteten Standorte (KbS)** ein, bei denen feststeht oder mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, dass sie belastet sind (Art. 5 Abs. 3 AltIV) sowie obenstehende Bedingungen nach Art. 2 Abs. 1 AltIV erfüllen, und teilt die Standorte in folgende Kategorien ein:

- a. *Standorte, bei denen keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu erwarten sind; und*
- b. *Standorte, bei denen untersucht werden muss, ob sie überwachungs- oder sanierungsbedürftig sind (untersuchungsbedürftige belastete Standorte).*

Für einen untersuchungsbedürftigen belasteten Standort ist grundsätzlich gemäss Art. 20 Abs. 1 AltIV vom Inhaber oder der Inhaberin des belasteten Standorts eine Voruntersuchung nach Art. 7 AltIV durchzuführen. Damit werden die für die Beurteilung der Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit erforderlichen Angaben ermittelt und im Hinblick auf die Gefährdung der Umwelt bewertet (Gefährdungsabschätzung). Mit der historischen Untersuchung werden die möglichen Ursachen für die Belastung des Standorts ermittelt.

Die AltIV beurteilt die Einwirkungen auf die Schutzgüter Grundwasser, oberirdische Gewässer, Boden und Luft (Art. 9–12 AltIV). Die Beurteilung der oberirdischen Gewässer erfolgt gemäss Art. 10 AltIV:

¹ Ein belasteter Standort ist unter Vorbehalt von Absatz 1^{bis} hinsichtlich des Schutzes oberirdischer Gewässer überwachungsbedürftig, wenn:

- a. im Eluat des Materials des Standortes, das auf ein oberirdisches Gewässer einwirken kann, ein Konzentrationswert nach Anhang 1 überschritten ist; oder
- b. im Wasser, das in ein oberirdisches Gewässer gelangt, die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, einen Konzentrationswert nach Anhang 1 überschreitet.

² Ein belasteter Standort ist hinsichtlich des Schutzes oberirdischer Gewässer sanierungsbedürftig, wenn:

- a. im Wasser, das in ein oberirdisches Gewässer gelangt, die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, das Zehnfache eines Konzentrationswertes nach Anhang 1 überschreitet; oder
- b. er nach Absatz 1 Buchstabe a überwachungsbedürftig ist und wegen eines ungenügenden Rückhalts oder Abbaus von Stoffen, die vom Standort stammen, eine konkrete Gefahr einer Verunreinigung oberirdischer Gewässer besteht.

Die Probenahme und Analytik (Sickerwasser, AltIV-Eluat, Oberflächengewässer) soll gemäss der Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» (BAFU, 2017) [4] durchgeführt werden. D.h. insbesondere, dass die Proben je nach Schadstoff vor der Analyse zu filtrieren sind (siehe Kapitel 4.1. der obgenannten Vollzugshilfe). Falls die Beurteilung des Standorts hinsichtlich Ökotoxikologie im Vordergrund steht, ist auf eine Filtrierung möglichst zu verzichten.

Gemäss Art. 15 AltIV ist das Ziel einer allfälligen Sanierung die *Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr solcher Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit geführt haben. Das Ziel der Sanierung muss gemäss Art. 16 AltIV durch Massnahmen erreicht werden, mit denen umweltgefährdende Stoffe beseitigt werden (Dekontamination) oder die Ausbreitung der umweltgefährdenden Stoffe langfristig verhindert und überwacht wird (Sicherung).*

Gleichzeitig können die anderen Schutzgüter (Grundwasser, Boden, Luft) auch relevante Schutzgüter sein, welche daher auch zu beurteilen sind. Der Fokus der vorliegenden Vollzugshilfe liegt jedoch auf dem Schutzgut Oberflächengewässer. Aus diesem Grund wird auf die übrigen Schutzgüter nicht weiter eingegangen.

Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA)

Unter gewissen Bedingungen beteiligt sich der Bund nach Art. 32e Abs. 3 des USG an den Kosten für die Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten gemäss AltIV. Nach Art. 32e Abs. 4 USG werden die Abgeltungen den Kantonen nach Massgabe des Aufwandes ausbezahlt und betragen 40 % oder 30 % der anrechenbaren Kosten. Die Abgeltungen werden nur geleistet, wenn die getroffenen Massnahmen umweltverträglich und wirtschaftlich sind und dem Stand der Technik entsprechen. Die Ausführungsvorschriften zur finanziellen Beteiligung des Bundes finden sich in der Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA).

Abfallverordnung (VVEA)

Die Abfallverordnung (VVEA) soll unter anderem Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften sowie die Gewässer, den Boden und die Luft vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen schützen, die durch Abfälle erzeugt werden. Gemäss USG werden Abfälle als bewegliche Sachen definiert, deren sich der Inhaber entledigt oder deren Entsorgung im öffentlichen Interesse geboten ist. Sofern nicht weiter spezifiziert, werden in der vorliegenden Vollzugshilfe unter dem Begriff «Abfälle» sowohl die festen Abfälle (Siedlungsabfall, Industrieabfall, Bauabfall etc.) sowie das belastete Material im Untergrund (resp. die belasteten Sedimente) verstanden.

Gewässerschutzgesetz und Gewässerschutzverordnung

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG) und die Gewässerschutzverordnung (GSchV) sollen ober- und unterirdische Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen schützen und deren nachhaltige Nutzung ermöglichen. Das GSchG definiert den Begriff «Oberirdisches Gewässer» gemäss Art. 4 folgendermassen: **Wasserbett mit Sohle und Böschung sowie die tierische und pflanzliche Besiedelung**. Das Gewässersediment ist folglich auch Teil des oberirdischen Gewässers. Zu den oberirdischen Gewässern gehören auch eingedolte Gewässerabschnitte sowie künstliche Gewässer, soweit sie im Gewässernetz eingebunden sind.

«Oberirdische Gewässer» gemäss GSchG werden im allgemeinen Sprachgebrauch oft als «Oberflächengewässer» oder «Gewässer» bezeichnet. Diese umfassen Fliessgewässer (Bäche, Flüsse), und stehende Gewässer (Weiher, Teiche, Seen) und zwar sowohl natürliche wie künstliche Gewässer. In dieser Vollzugshilfe werden die Begriffe «Oberflächengewässer», «Oberirdische Gewässer» und «Gewässer» **synonym** verwendet.

Sedimentqualität

Gemäss Art. 3 GSchG ist jedermann verpflichtet, alle nach den Umständen gebotene Sorgfalt anzuwenden, um nachteilige Einwirkungen auf die Gewässer zu vermeiden.

Anhang 1 Ziff. 1 Abs. 3 Bst. b und c der GSchV definiert die ökologischen Ziele für oberirdische Gewässer. Diese besagen, dass die Wasserqualität so beschaffen sein soll, dass in den Sedimenten keine künstlichen, langlebigen Stoffe enthalten sind und dass Stoffe, die Gewässer verunreinigen können und die durch menschliche Tätigkeit ins Wasser gelangen können, sich in Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen, Schwebstoffen oder Sedimenten nicht angereichert werden.

Gestützt auf Art. 3 GSchG in Verbindung mit Anhang 1 GSchV kann die Behörde den Einzelnen verpflichten, Massnahmen zu ergreifen, damit keine künstlichen langlebigen Stoffe sowie andere Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, in Sedimente gelangen und dort angereichert werden. Das Bundesgericht ist in seinem Urteil dieser Auffassung gefolgt (Urteil des Bundesgerichts 1A.51/2005 vom 29. November 2005 E.2.4)¹.

Rechtsverbindliche Anforderungen an die Wasserqualität sind im Anhang 2 GSchV festgelegt. Entsprechende Werte für die Qualität der Sedimente existieren hingegen nicht. Das GSchG erteilt dem Bundesrat nur die Kompetenz, Anforderungen an die Wasserqualität festzulegen (Art. 9 Abs. 1 GSchG).

Um konkrete Sanierungsmassnahmen gemäss Art. 47 GSchV an den Gewässersedimenten auszulösen, muss daher eine Verunreinigung des Wassers aufgrund der Belastung der Sedimente vorliegen oder es muss aufgezeigt werden können, dass aufgrund der Sedimentbelastung eine besondere Nutzung des Gewässers nicht mehr gewährleistet ist (z.B. Trinkwassernutzung, fischereiliche Nutzung, Erholungsnutzung, Naturschutzgebiet etc.) oder durch infiltrierendes Oberflächenwasser das als Trinkwasser genutzte oder dafür vorgesehene Grundwasser verunreinigt wird.

Ergänzend zur GSchV (Anhang 2) sind hinsichtlich der Wasserqualität bei Badeanlagen in Oberflächengewässern für weitere Inhaltsstoffe in der «Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich

¹ Die Auffassung von STUTZ wird in der Literatur weitgehend rezipiert (HUNGER, «Die Sanierungspflicht im Umweltschutz- und Gewässerschutzgesetz», Diss. Zürich/Basel/Genf 2010, S. 206; eher bejahend HETTICH/TSCHUMI, Kommentar zum GSchG und WBG [GSchG-Kommentar], Zürich/Basel/Genf 2016, N 14 zu Art. 6 GSchG).

zugänglichen Bädern und Duschanlagen» (TBDV) Anforderungen definiert (z.B. im Anhang 2 für Chrom gesamt, Uran, BTEX sowie diverse organische Verbindungen).

Eindolungen von Fliessgewässern und Gewässerraum

Gemäss Art. 38 GSchG dürfen Fliessgewässer nicht eingedolt werden. Beim Ersatz bestehender Eindolungen müssen sie, wenn immer möglich, wieder ausgedolt werden. Gemäss Art. 38 Abs. 2 Bst. e kann auf eine Ausdolung verzichtet werden, falls sie z.B. aufgrund der Platzverhältnisse oder der Topografie nicht möglich ist oder wenn sie für die Landwirtschaft erhebliche Nachteile mit sich bringt. Ob erhebliche Nachteile für die Landwirtschaft vorliegen, muss im Einzelfall entschieden werden (vgl. BGE 140 I 168 E. 4.2 vom 24. April 2014 und BGer 1A.140/1995 E. 4a vom 26. Februar 1996).

Gemäss Art. 36 GSchG müssen die Kantone den Raumbedarf oberirdischer Gewässer so festlegen (Ausscheidung Gewässerraum), dass die natürlichen Funktionen, der Hochwasserschutz und die Gewässernutzung gewährleistet sind. Zu den natürlichen Funktionen eines Gewässers gehören vor allem der Transport von Wasser und Geschiebe, die Ausbildung einer naturnahen Strukturvielfalt der angrenzenden Lebensräume und deren Vernetzung, die Entwicklung standorttypischer Lebensgemeinschaften sowie die dynamische Entwicklung der Gewässer. Die Kantone haben dafür zu sorgen, dass der Gewässerraum bei der Richt- und Nutzungsplanung berücksichtigt wird. Der Gewässerraum soll grundsätzlich von Bauten und Anlagen freigehalten und nur noch extensiv genutzt werden. Es dürfen nur standortgebundene, im öffentlichen Interesse liegende Anlagen erstellt werden. Für bestehende Anlagen gilt im Grundsatz Bestandesschutz.

Die GSchV legt die minimalen Gewässerraumbreiten für Fliessgewässer (Art. 41a GSchV) und stehende Gewässer (Art. 41b GSchV) fest. Bei Fliessgewässern umfasst der Gewässerraum die natürliche Gewässerbreite und einen ausreichenden Uferbereich auf beiden Seiten des Gerinnes. Bei stehenden Gewässern entspricht der Gewässerraum dem Uferbereich entlang des Wasserkörpers, gemessen ab Uferlinie (mittlere jährliche Hochwasserlinie).

Weil ein natürliches Gewässer sein Umfeld stetig verändert und gestaltet, ist auch die Erosion der Ufer als natürlicher Prozess im Gewässerraum erwünscht. Massnahmen gegen die Erosion sind nur zulässig, soweit dies für den Hochwasserschutz oder zur Verhinderung eines unverhältnismässigen Verlustes an landwirtschaftlicher Nutzfläche erforderlich ist.

Gemäss GSchV war der Gewässerraum bis Ende 2018 auszuscheiden. Für Gewässer bei denen noch kein Gewässerraum ausgeschieden ist gelten die folgenden *Übergangsbestimmungen* gemäss GSchV:

Solange die Kantone den Gewässerraum nicht festgelegt haben, gelten die Vorschriften für Anlagen nach Art. 41c Absätze 1 und 2 entlang von Gewässern auf einem beidseitigen Streifen mit einer Breite von je:

- a. 8 m plus die Breite der bestehenden Gerinnesohle bei Fliessgewässern mit einer Gerinnesohle bis 12 m Breite;
- b. 20 m bei Fliessgewässern mit einer bestehenden Gerinnesohle von mehr als 12 m Breite;
- c. 20 m bei stehenden Gewässern mit einer Wasserfläche von mehr als 0,5 ha.

Bundesgesetz und Verordnung über den Wasserbau

Das Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) und die Verordnung über den Wasserbau (Wasserbauverordnung, WBV) bezwecken den Schutz vor den schädlichen Auswirkungen des Wassers, namentlich vor Überschwemmungen, Erosionen und Feststoffablagerungen (Hochwasserschutz) und gilt für alle oberirdischen Gewässer (Art. 1 WBG). Die Kantone gewährleisten den Hochwasserschutz gemäss Art. 3 Abs. 1 WBG in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer und durch raumplanerische Massnahmen. Falls nötig, müssen Massnahmen getroffen werden wie Verbauungen, Eindämmungen, Korrekturen, Geschiebe- und Hochwasserrückhalteanlagen sowie alle weiteren Vorkehrungen, die Bodenbewegungen verhindern (Art. 3 Abs. 2 WBG). Diese Massnahmen sind gemäss Art. 3 Abs. 3 WBG mit jenen aus anderen Bereichen gesamthaft und in ihrem Zusammenwirken zu beurteilen, dazu gehören namentlich auch die Massnahmen nach der Altlasten-Verordnung.

2 Definitionen und Geltungsbereich

2.1 Lage des Standorts bezüglich dem Oberflächengewässer

Grundsätzlich sind folgende Fälle von belasteten Standorten und Oberflächengewässer möglich. Diese sollen in der vorliegenden Vollzugshilfe behandelt werden (vgl. Abb. 1):

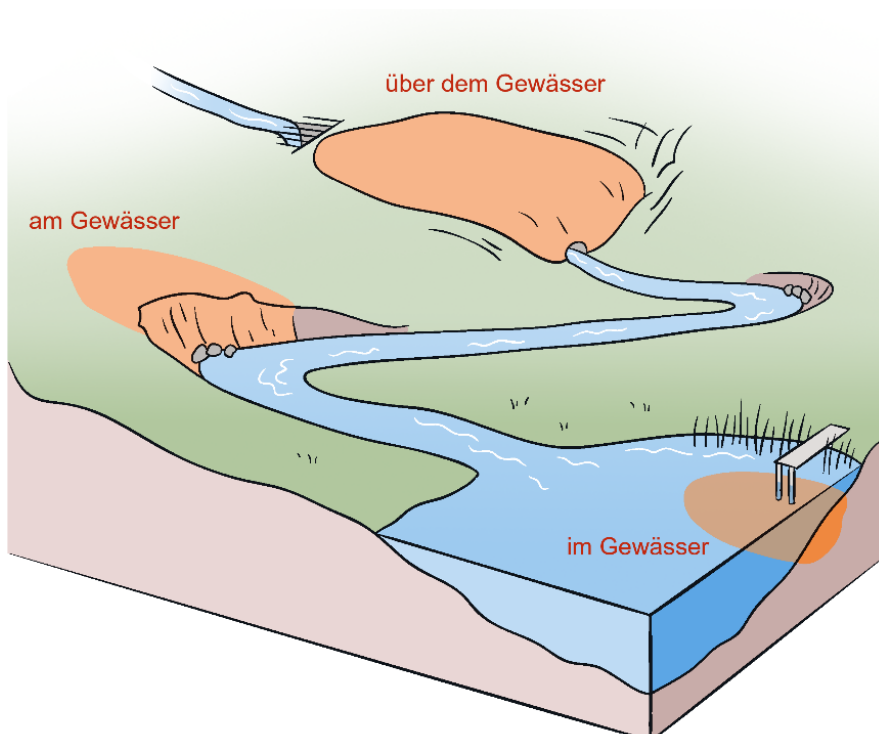
- Belastete Standorte an einem Gewässer
- Belastete Standorte über einem Gewässer
- Belastete Standorte in einem Gewässer

Im Fokus der vorliegenden Vollzugshilfe steht das Oberflächengewässer bzw. der Schutz der oberirdischen Gewässer nach Art. 10 AltIV. Selbstverständlich sind alle anderen Schutzgüter (Grundwasser, Boden, Luft) bei der Einzelbetrachtung immer auch zu berücksichtigen; auf diese wird im Folgenden aber nicht mehr eingegangen.

Oberflächengewässer umfassen stehende Gewässer wie Seen, Weiher und Teiche sowie Fließgewässer wie Bäche, Flüsse, Flusstäue und Kanäle.

Abbildung 1:

Fälle von belasteten Standorten mit Bezug zum Oberflächengewässer



Für die Festlegung des Standorttyps von belasteten Standorten an, über oder in einem Gewässer können folgende Kriterien herangezogen werden:

Tabelle 2.1:
Unterscheidung der drei Standorttypen gemäss AltIV bei belasteten Standorten und Oberflächengewässern

Standorttyp	Kriterien
Ablagerungsstandort	Abfälle wurden bewusst abgelagert (Auffüllung in einem Gerinne mit Eindolung, Seeuferaufschüttung, Verklappung etc.).
Betriebsstandort	Die Belastungen des Oberflächengewässers wurden durch einen landseitigen Betrieb verursacht durch Einleiten oder Versickern von schadstoffbelasteten Abwässern, Schlämmen und Ähnlichem oder sonstigem Einbringen von Abfällen (z.B. auch bei Schiessanlagen).
Unfallstandort	Ausserordentliche Ereignisse (z.B. Unfälle) oder Betriebsstörungen haben zu einer Belastung geführt.

Bei belasteten Standorten in, respektive an Gewässern stellt sich ausserdem die Frage, ob sie Teil eines landseitigen belasteten Standorts sind, oder als eigene belastete Standorte zu betrachten sind (vgl. Tabelle 2.2). Bei Betriebsstandorten kann davon ausgegangen werden, dass eine gewässerseitige Belastung einer landseitigen Belastung zugeordnet werden kann. Eigene Betriebsstandorte in einem Gewässer kommen in der Regel nicht vor. Allerdings sind für Ablagerungsstandorte beide Fälle denkbar:

Tabelle 2.2:
«Eigener belasteter Standort» versus «Teil eines belasteten Standorts»

«Eigener belasteter Standort»	«Teil eines belasteten Standorts»
Separate Ablagerung von Abfällen im Gewässer (z.B. per Schiff). Einleitung von Abfällen eines Betriebsstandorts mittels Rohren in einem gewissen Abstand zum Betriebsstandort. Es sind unbelastete Bereiche zwischen landseitiger und wasserseitiger Belastung vorhanden.	Abfälle eines landseitigen Ablagerungsstandorts breiten sich auch im Gewässer aus. Es sind keine unbelasteten Bereiche zwischen landseitiger und wasserseitiger Belastung vorhanden.

Durch die beschränkte Ausdehnung handelt es sich bei einem belasteten Standort normalerweise um einen Teil eines Gewässers. Wenn das Gewässer jedoch in erster Linie z.B. als Abwasserkanal oder als Rückhaltebecken eines Betriebs verwendet wurde (d.h. wenn die betriebliche Nutzung des Gewässers im Vordergrund steht), kann ein belasteter Betriebsstandort auch den ganzen entsprechenden Gewässerabschnitt umfassen.

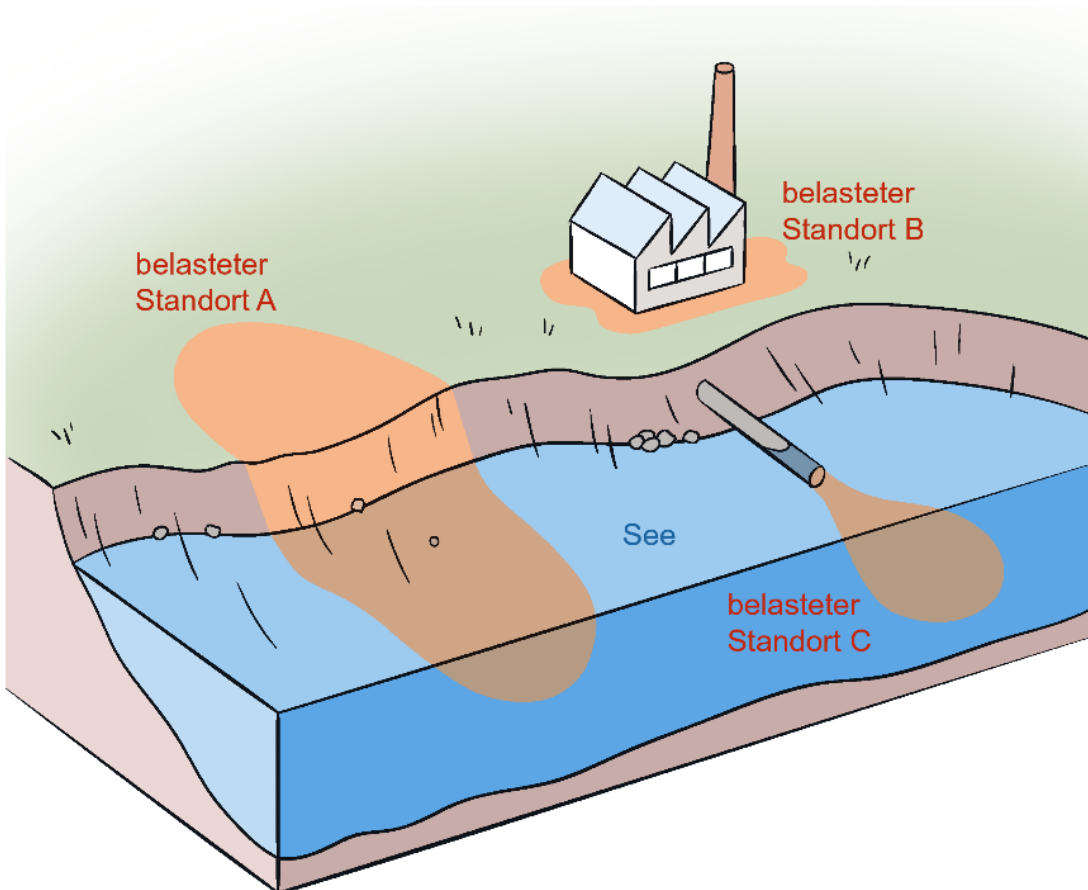
Sind belastete Gewässersedimente abgrenzbar und ist eine (oder mehrere) eindeutige, anthropogene Schadstoffquelle(n) identifizierbar, dann handelt es sich um einen belasteten Standort gemäss AltIV, der einem der drei Standorttypen «Ablagerungsstandort», «Betriebsstandort» oder «Unfallstandort» gemäss Art. 2 AltIV zugeordnet werden muss.

Auch bei belasteten Standorten an, über oder in einem Oberflächengewässer sollen keine Bagatellfälle in den Kataster der belasteten Standorte eingetragen werden (siehe Vollzugshilfe «Erstellung des Katasters der belasteten Standorte» (BUWAL, 2001), Seiten 10 und 14, [1]).

Abbildung 2:

Belastete Standorte im Oberflächengewässer mit zugehörigem landseitigen Standort.

Bsp. A: Der belastete Standort A setzt sich im Oberflächengewässer fort (keine unbelasteten Bereiche zwischen landseitiger und gewässerseitiger Belastung = ein belasteter Standort). Bsp. B und C: Durch den belasteten Standort B werden durch ein Abflussrohr Abfälle in das Oberflächengewässer geleitet: belasteter Standort C. Da unbelastete Bereiche zwischen landseitiger und gewässerseitiger Belastung vorhanden sind, handelt es sich hier um **zwei unterschiedliche** belastete Standorte. Die beiden Standorte A und C heben sich deutlich von der Hintergrundbelastung in den Gewässersedimenten ab (siehe Kapitel 2.4.2). Auch ein Standort im Oberflächengewässer ohne landseitigen Standort ist möglich (hier nicht dargestellt).



2.2 Belastete Standorte an einem Gewässer

Als «belastete Standorte an einem Gewässer» werden in der vorliegenden Vollzugshilfe belastete Standorte gemäss AltIV verstanden, welche direkt oder bei Hochwasserereignissen ein Oberflächengewässer beeinflussen können. Im Fokus dieser Vollzugshilfe stehen deshalb belastete Standorte, die im Überflutungskorridor bei einem

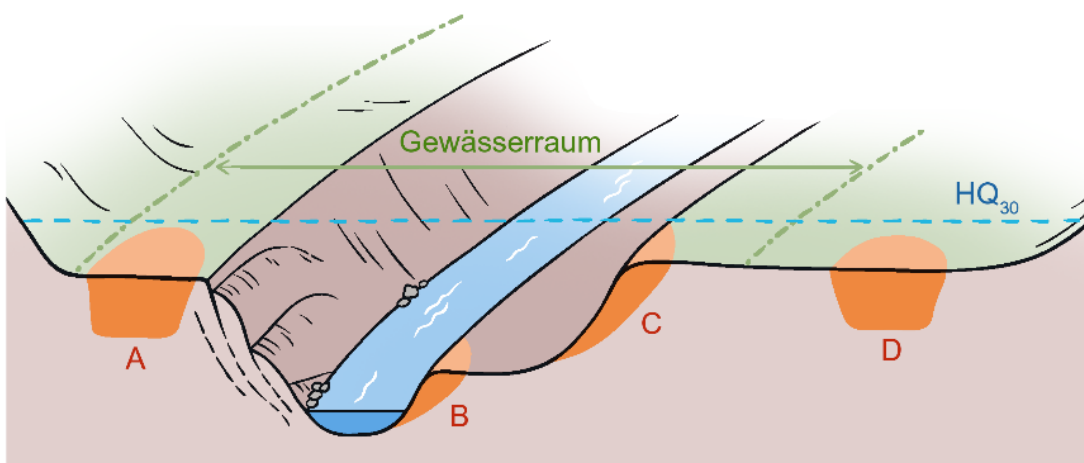
dreissigjährlichen Hochwasserereignis (HQ₃₀)² und/oder dem Gewässerraum liegen. Für Gewässer bei denen noch kein Gewässerraum ausgeschieden ist, gelten die Uferstreifen gemäss Übergangsbestimmungen der GSchV. Eine Ausnahme stellt ein belasteter Standort dar, welcher ausserhalb des HQ₃₀-Perimeters sowie des Gewässerraums liegt, der jedoch durch eine direkte Verbindung (z.B. eine Drainageleitung) mit diesem Gewässer verbunden ist (in Abb. unten nicht dargestellt). Solche Standorte fallen auch unter die vorliegende Vollzugshilfe.

Zu betrachten sind Auswirkungen eines Standorts auf ein Gewässer infolge natürlicher Prozesse wie Durchsickerung und Erosion. Dabei wird immer sowohl der aktuelle Zustand des Standorts wie auch das Verhalten bei einem **hundertjährlichen Hochwasserereignis (HQ₁₀₀)** betrachtet.

Abbildung 3:

Varianten von belasteten Standorten an einem Gewässer.

A, B und C: Belastete Standorte im Gewässerraum. Diese können im direkten Kontakt mit dem Gewässer stehen (B) oder im dynamischen Uferbereich (Erosion) auf beiden Seiten des Gerinnes liegen (A, C) (vgl. Kapitel 3). D: Belasteter Standort ausserhalb des Gewässerraums: Solche Standorte sind ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Vollzugshilfe, wenn sie aktuell (d.h. insbesondere unbeeinflusst von allfälligen zukünftigen Bauprojekten) innerhalb des Überflutungsgebietes eines dreissigjährlichen Hochwasserereignisses (HQ₃₀) liegen.

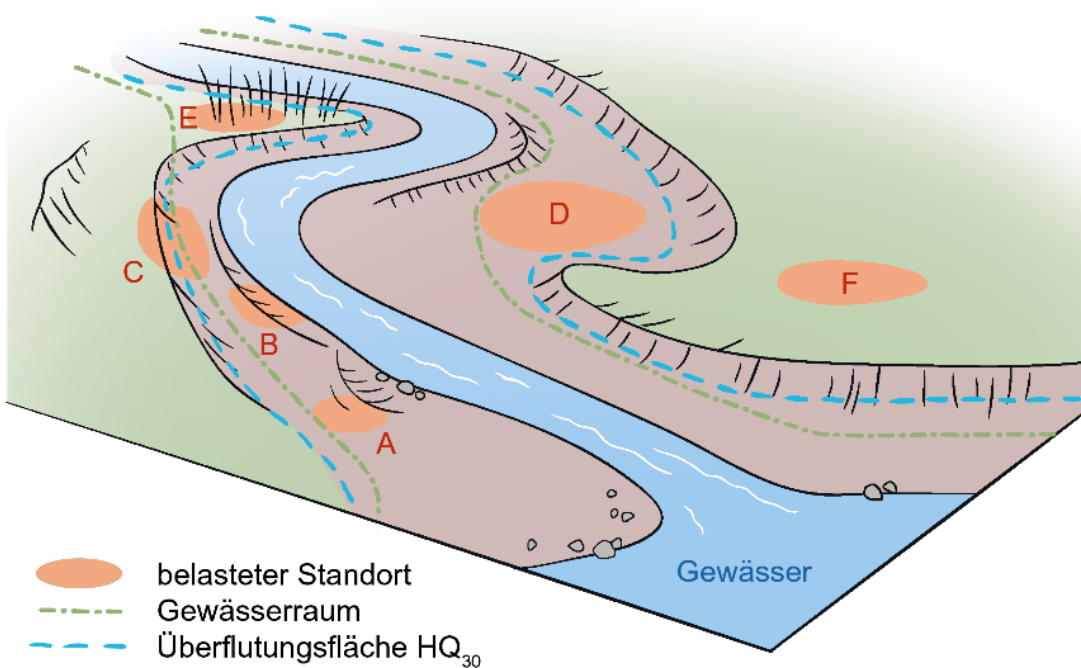


² Bitte beachten: Das Kriterium HQ₃₀ wird nur genau hier (für die Definition des Geltungsbereichs) verwendet. In allen übrigen Fällen (insbesondere bei der Gefährdungsabschätzung oder der Beurteilung des Sanierungsbedarfs) gilt das Kriterium HQ₁₀₀.

Abbildung 4:**Gewässerraum und Überflutungsfläche HQ₃₀.**

Im dargestellten Beispiel liegen die belasteten Standorte A, B, C, D und E im aktuellen Perimeter eines HQ₃₀ (d.h. ohne Beeinflussung durch ein allfälliges Bauprojekt) und/oder im Gewässerraum und sind somit gemäss vorliegender Vollzugshilfe zu beurteilen.

Die Bewertung des Standorts F fällt nicht unter die vorliegende Vollzugshilfe.



2.3 Belastete Standorte über einem Gewässer

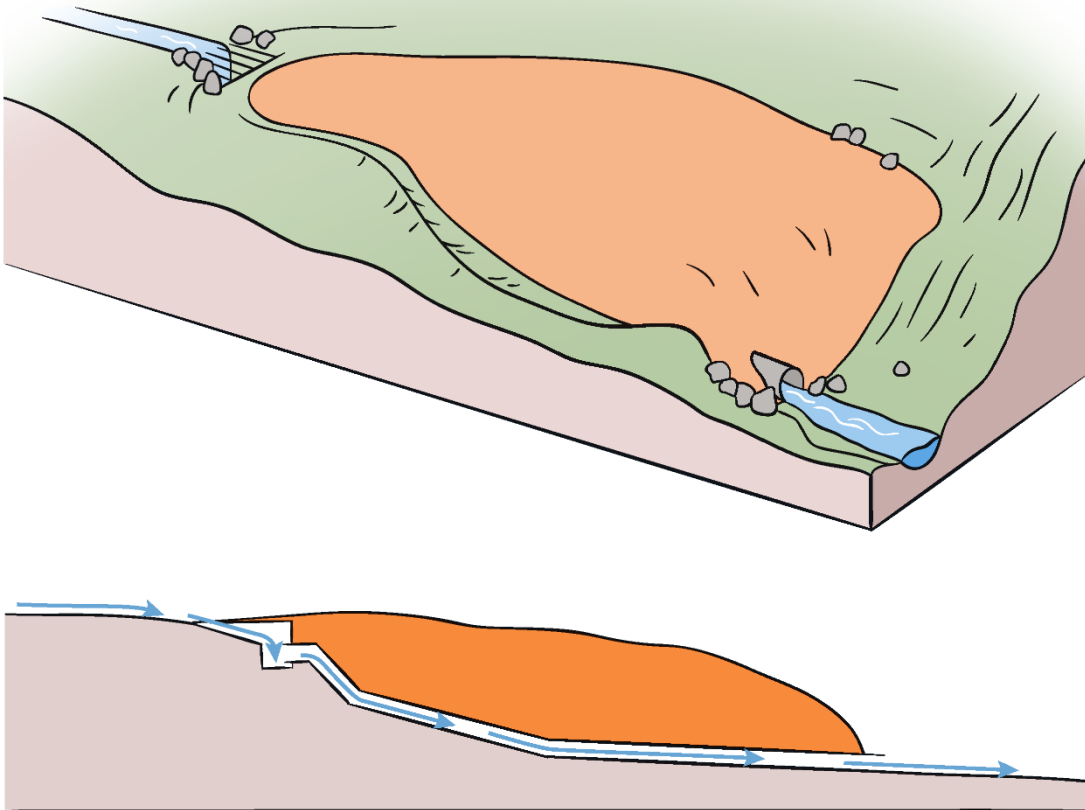
Als Spezialfall eines belasteten Standorts sind Deponien zu betrachten, die durch Auffüllung eines Geländeeinschnittes, in der Regel mit Eindolung über einem Fließgewässer errichtet wurden (vgl. Abb. 5). Sie werden in der vorliegenden Vollzugshilfe als «Standorte über einem Gewässer» bezeichnet. Möglich sind auch Betriebsstandorte über einem eingedolten Fließgewässer. Diese sind in der vorliegenden Vollzugshilfe mitgemeint.

Es gelten auch die Anmerkungen in Kapitel 2.2 zu belasteten Standorten an einem Gewässer. Entsprechend sind die Auswirkungen eines Standorts auf ein Gewässer infolge Versagen der Eindolung sowie bei einem Hochwasserereignis HQ₁₀₀ zu betrachten.

Abbildung 5:

Belasteter Standort über einem Gewässer.

Entstanden durch Eindolung des Fließgewässers in einer Geländemulde oder eines Geländeeinschnittes mit anschließender Auffüllung.



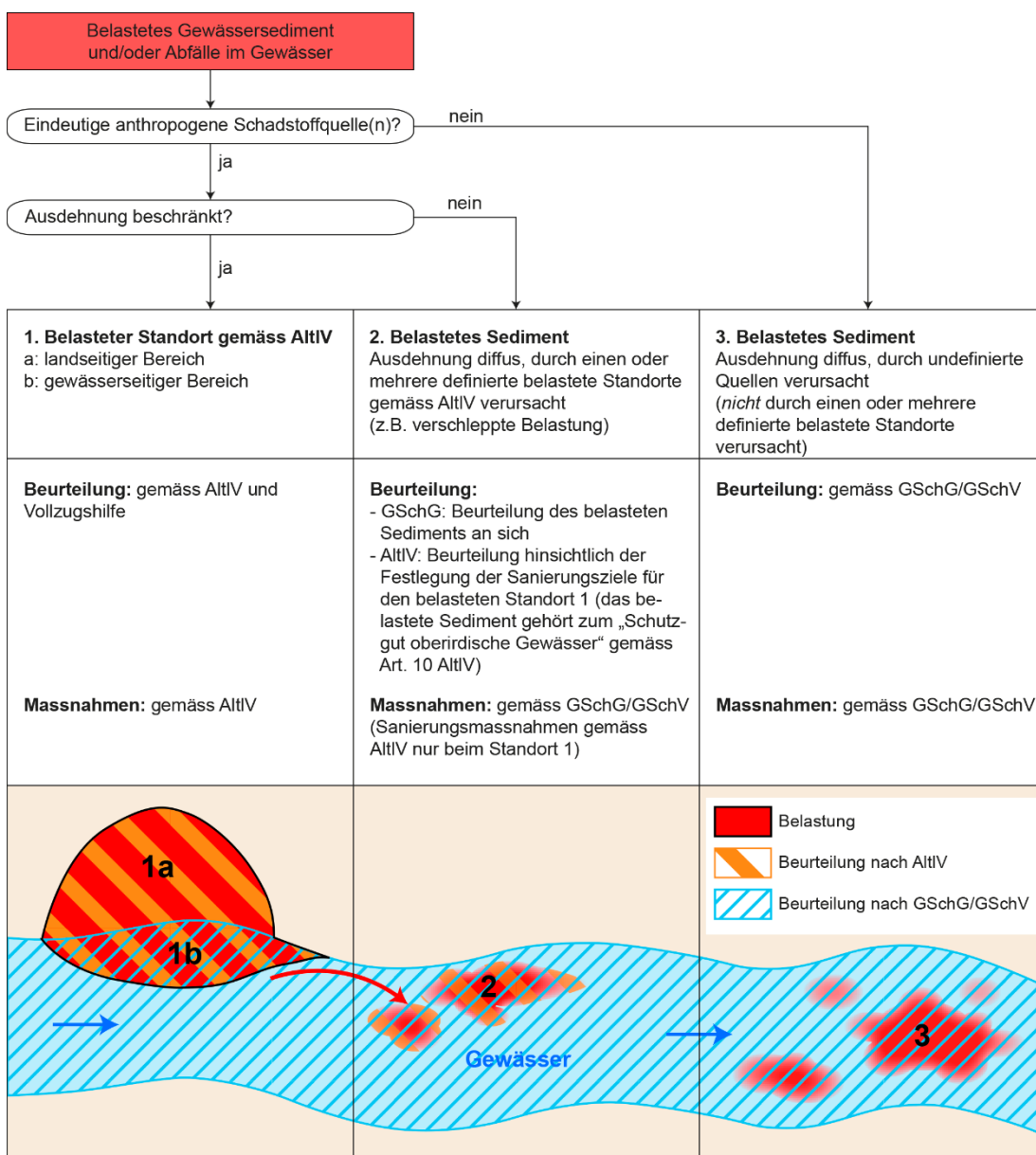
2.4 Belastete Standorte in einem Gewässer

2.4.1 Belastete Gewässersedimente und Abfälle in einem Gewässer

Der Begriff «belasteter Standort» ist in Art. 2 Abs. 1 AltIV definiert. Das bewährte Verfahren der Standortabgrenzung gemäss AltIV muss im Fall von Belastungen im Gewässersediment aber konkretisiert werden.

Abbildung 6:

Beurteilung sowie Massnahmen nach Altlasten- und/oder Gewässerschutzrecht bei Belastungen im Gewässer



Ein erstes Kriterium zur Erfassung eines belasteten Standorts ist die Schadstoffquelle. Die Belastungen müssen einer oder mehreren klaren und **anthropogenen Schadstoffquelle(n)** zugeordnet werden können. Der belastete Standort kann z.B. ein einzelner Betrieb oder eine Ablagerung sein (in Abb. 6 als **Fall 1** dargestellt). Es kann sich dabei aber auch um mehrere, geographisch beieinanderliegende Betriebe handeln, die Schadstoffe in dasselbe

Gewässer eingebracht haben (z.B. mehrere Betriebe, die denselben Abwasserkanal oder dieselbe Kanalisation/ Gewässereinleitung benutzt haben).

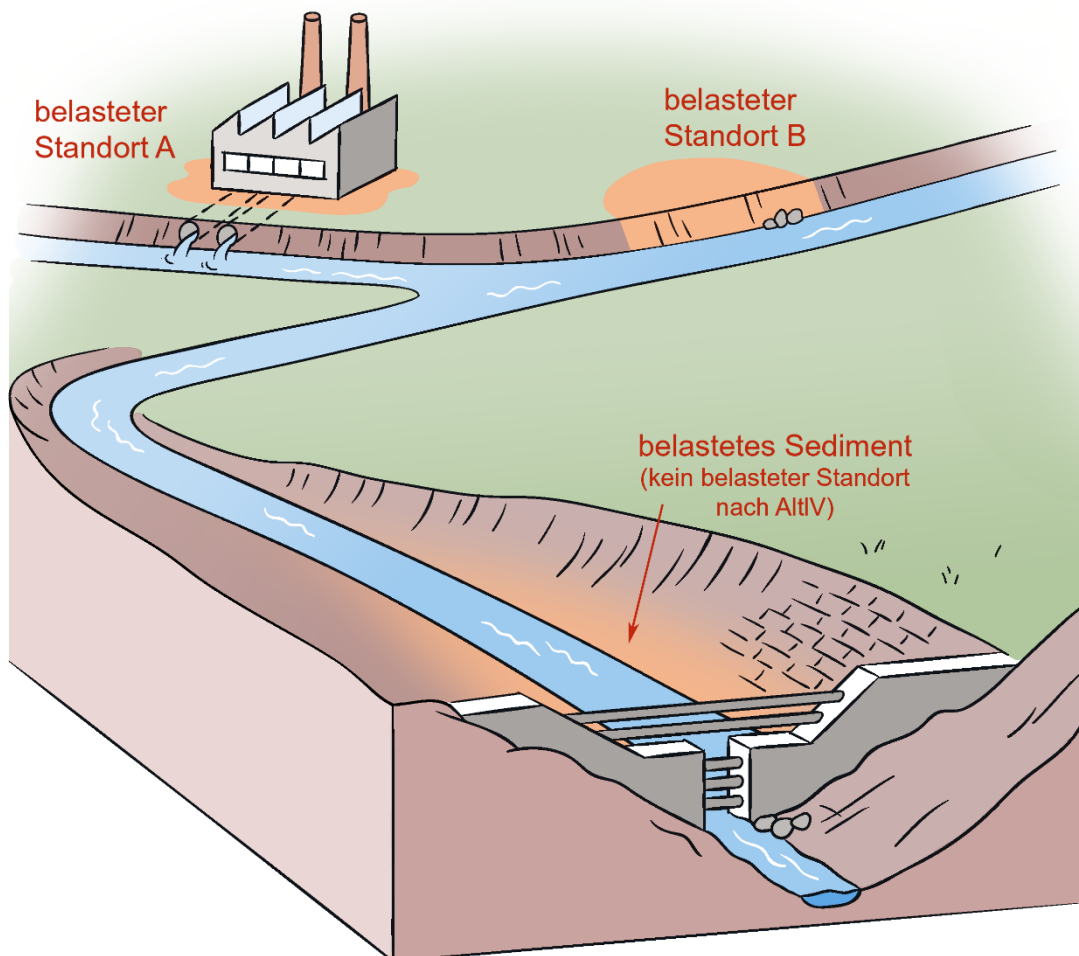
Ein zweites Kriterium bei der Standorterfassung ist die **beschränkte Ausdehnung**. Insbesondere Seen als Sedimentationsbecken reichern in den Sedimenten generell Schadstoffe an, die über Abwässer, Landwirtschaft, Luftpfad etc. in den See gelangen. Aufgrund dieses diffusen Schadstoffeintrags weisen rezente Seesedimente (aber auch Sohlen von Fliessgewässern oder Sedimente in Stauanlagen) tendenziell höhere Hintergrundbelastungen auf als Böden an Land (zur Ermittlung der Hintergrundbelastung vgl. Kapitel 2.4.2). Untersuchungen im Zürichsee [8] haben überdies gezeigt, dass diese Belastungen zum Teil deutlich über den Grenzwerten für unverschmutztes Aushubmaterial (U-Werte) gemäss Anhang 3 Abs. 1 VVEA liegen und sogar die Werte für wenig verschmutzten Aushub (Anhang 5 Ziff. 2 VVEA) überschreiten können. Diese Hintergrundbelastung liegt in Gewässern grösstenteils flächendeckend vor und ist nicht abgrenzbar. Ein belasteter Standort gemäss AltIV muss sich folglich deutlich von der lokalen Hintergrundbelastung abheben, damit er abgegrenzt werden kann (vgl. Abb. 8). Ebenfalls unter diese Kategorie sind Standorte ohne direkten Bezug zu einem landseitigen Standort zu zählen (z.B. aus der Verklappung von Abfällen).

Fall 2 in Abbildung 6 zeigt eine Sedimentbelastung mit **diffuser Ausdehnung**, welche durch Umlagerung losgelöst vom verursachenden Standort im Gewässer liegt (verschleppte Belastung). Die Sedimentbelastung unterscheidet sich jedoch klar von der grossräumigen Hintergrundbelastung, die aus einer Vielzahl von anthropogenen und/oder natürlichen, nicht genau lokalisierbaren Quellen verursacht wurde. Dieses **belastete Sediment** kann aufgrund seiner diffusen Ausdehnung **nicht als belasteter Standort gemäss AltIV** eingestuft werden, die Quelle der Belastung ist jedoch ein belasteter Standort gemäss AltIV, daher ist das belastete Sediment als Teil des Schutzgutes Oberflächengewässer gemäss AltIV zu betrachten. Das belastete Sediment ist in diesem Fall das Resultat einer Einwirkung eines belasteten Standorts (Standort 1 in Abb. 6). Die Untersuchungen erfolgen gemäss Altlastenrecht im Rahmen der Gefährdungsabschätzung und Beurteilung des verursachenden belasteten Standorts, wobei die Untersuchungen der belasteten Sedimente unter anderem zur Festlegung der allfälligen Sanierungsziele und zur Überprüfung der allfälligen Sanierung des belasteten Standorts dienen.

Nicht eindeutig einer anthropogenen Schadstoffquelle zuordenbare Sedimentbelastungen (**Fall 3** in Abb. 6) erfordern allenfalls Massnahmen nach Gewässerschutzrecht, fallen aber nicht unter die vorliegende Vollzugshilfe. Dazu gehören beispielsweise auch belastete Gewässersedimente in Bootshafenanlagen oder in Stauanlagen, weil sie keine belasteten Standorte nach AltIV sind und auch nicht eindeutig durch Schadstoffverfrachtung von einem oder mehreren belasteten Standorten entstanden sind (vgl. Abb. 7). Belastungen aus geogenen Quellen sind ebenfalls von der vorliegenden Vollzugshilfe ausgenommen.

Abbildung 7:**Unterscheidung von belasteten Gewässersedimenten und belasteten Standorten.**

Das belastete Sediment kann aus der Verfrachtung aus verschiedenen Quellen stammen (z.B. von belasteten Standorten im Obstrom sowie auch aus unbekanntem Schadstoffquellen).

**2.4.2 Vorgehen bei der Abgrenzung eines Standorts im Gewässer**

Ein belasteter Standort muss gemäss Definition in der AltIV eine beschränkte Ausdehnung aufweisen. Die Ausdehnung eines belasteten Standorts im Gewässer ist aufgrund der erschwerten Umstände (Standort nicht direkt zugänglich, keine grossflächigen Aufschlüsse möglich, Belastungen sensorisch nicht unbedingt auffällig) meist schwierig festzulegen. Allerdings ist für den KbS-Eintrag eines belasteten Standorts in einem Gewässer keine metergenaue Festlegung der Standortgrenzen notwendig. Soweit nötig können diese nach dem Vorliegen der Ergebnisse weiterer Untersuchungen (Voruntersuchung, Detailuntersuchung) immer noch präziser festgelegt werden.

Weil sich ein belasteter Standort von der Hintergrundbelastung abheben muss, die systematische Ermittlung der durchschnittlichen Hintergrundbelastung des Sediments eines gesamten Gewässers aber aufwändig ist, erweist sich **als praktikabelste Lösung, die lokale Hintergrundbelastung als Orientierungswert zu verwenden** (bzw. der U-Wert, falls die Hintergrundbelastung kleiner ist). **Dazu sind im Umfeld der aufgefundenen**

Belastung mit verhältnismässigem Aufwand Sedimentproben zu gewinnen (z.B. durch Taucher, durch Bohrungen oder Stechzylinder) und der Schadstoffgehalt zu bestimmen. Vorgängig sind vorhandene Daten im betroffenen oder vergleichbaren Gewässer zu konsultieren. Das Vorgehen ist z.B. in [9] beschrieben. Belastete Standorte zeichnen sich durch deutlich erhöhte Schadstoffgehalte gegenüber der Hintergrundbelastung aus und bei stehenden Gewässern sind die Standortgrenzen durch steile Konzentrationsgradienten meist gut erkennbar.

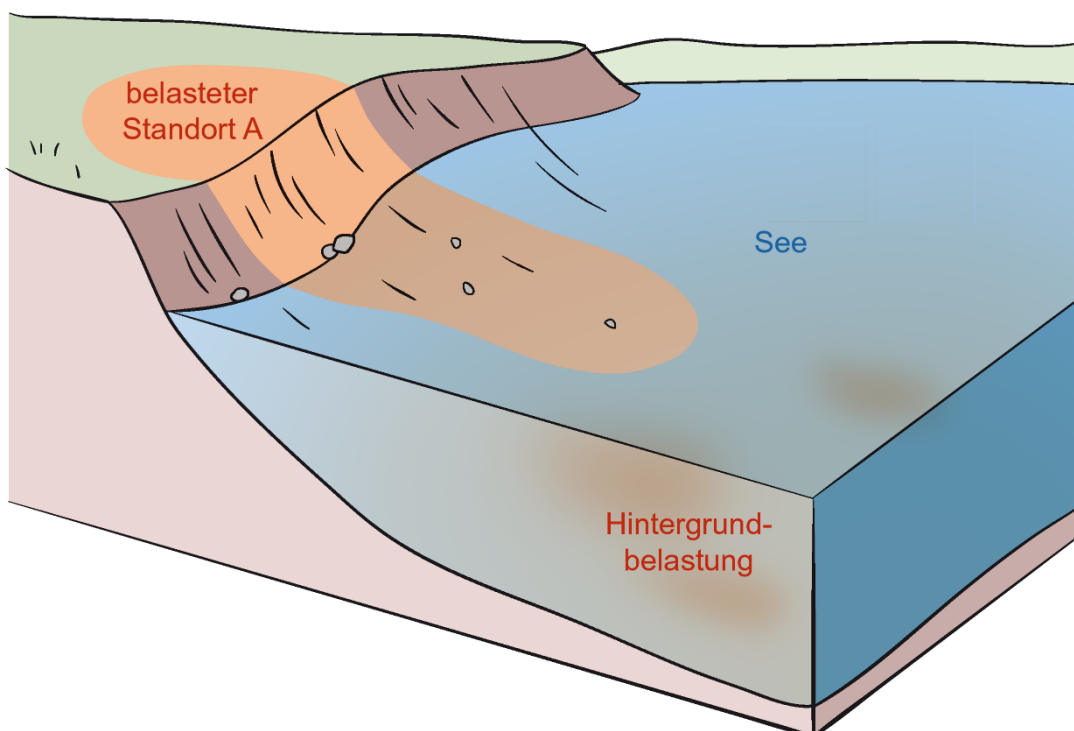
Ein angepasstes Vorgehen muss bei der Abgrenzung belasteter Standorte im Fall kleiner stehender Gewässer (Weiher) gewählt werden, deren Sedimente vollflächig belastet sind, da hier keine lokale Hintergrundbelastung definiert werden kann. Falls sich andere (nicht durch belastete Standorte betroffene) Weiher in der Nähe befinden, können diese zur Bestimmung der Hintergrundbelastung herangezogen werden.

Bei Fließgewässern ist die Bestimmung der lokalen Hintergrundbelastung im Abstrom schwierig, die Konzentrationsgradienten sind stark durch die lokalen Strömungsverhältnisse bestimmt (bedingt durch Bewuchs, Breite, Tiefe oder Barrieren). Die lokale Hintergrundbelastung in Fließgewässern ist daher möglichst im Obstrom zu ermitteln.

Abbildung 8:

Belasteter Standort und Hintergrundbelastung.

Der belastete Standort A hebt sich deutlich von der lokalen Hintergrundbelastung in den Gewässersedimenten ab, die Schadstoffkonzentrationen im seeseitigen Teil des Standorts A liegen signifikant höher als die lokale Hintergrundbelastung im umgebenden Gewässersediment.



Bislang wurden von den kantonalen Behörden bereits verschiedene Orientierungswerte für die Abgrenzung von belasteten Standorten in Oberflächengewässern verwendet. **Diese haben jedoch ihre spezifischen Nachteile und sollten daher nicht verwendet werden:**

-
- Gemäss der Vollzugshilfe «Erstellung des Katasters der belasteten Standorte» (BUWAL, 2001) erfolgt ein Eintrag in den Kataster der belasteten Standorte (KbS) bei einer Überschreitung der Grenzwerte für *unverschmutztes Aushubmaterial gemäss VVEA («U-Werte»)*. Dies ist jedoch für Gewässersedimente nicht zielführend, wenn die Hintergrundbelastung bereits über den U-Werten liegt.
 - *Richtwerte gemäss VBBo* dienen der Vorsorge und sind ein Mass zur Beurteilung der langfristigen Fruchtbarkeit des Bodens. Für die Gewässersedimente sowie den Gewässerraum sind sie nicht zweckmässig.
 - *Ökotoxikologische Werte (PEC, PNEC, EQS)* sind unter Umständen kleiner als die Hintergrundbelastung. In der Literatur ist teilweise eine grosse Bandbreite der Werte für gleiche Schadstoffe vorhanden, die Herleitung der Werte ist z.T. nicht bekannt und es sind nicht für alle Schadstoffe Werte verfügbar. Ökotoxikologische Werte sind sinnvoll für die Beurteilung der Gefährdung und somit der Sanierungsbedürftigkeit eines Standortes (siehe Kapitel 5.5). Bei der Standortabgrenzung geht es jedoch um die Feststellung der Ausdehnung der Abfälle. Durch das Ökotoxizentrum Eawag/EPFL werden zurzeit standardisiert hergeleitete Qualitätskriterien für prioritäre Substanzen erarbeitet (EQS_{Sed}).
 - *Die durchschnittliche Sediment-Hintergrundbelastung des gesamten Gewässers* wird ermittelt und dient als Orientierungswert. Eine flächendeckende Erhebung der generellen durchschnittlichen Hintergrundbelastung für die relevanten Schadstoffe der Schweizer Oberflächengewässer liegt aber nicht vor. Im Gegensatz zur Ermittlung der *lokalen* Hintergrundbelastung wie oben beschrieben wäre die Ermittlung der *durchschnittlichen* Hintergrundbelastung eines Gewässers aufwendig und müsste in einem Standardverfahren hergeleitet werden.

2.5 Wasserbauprojekte

Die Genehmigungsverfahren von Wasserbauprojekten (Gewässerrevitalisierung, Hochwasserschutz) sind in den Kantonen unterschiedlich geregelt. Sie erfordern normalerweise eine Baubewilligung (in einigen Kantonen ein Planaufgaberfahren) und gelten als eine «Erstellung oder Änderung von Bauten und Anlagen», weshalb Art. 3 AltIV zur Anwendung kommt. Untersuchungsbedürftige Standorte müssen vom Inhaber oder der Inhaberin des belasteten Standorts vor oder im Rahmen der Projektierung untersucht werden, damit sie gemäss Art. 3 AltIV beurteilt werden können. Geplante Veränderungen infolge wasserbaulicher Projekte wie z.B. Hochwasserschutzmassnahmen und Revitalisierungen sind ein Anwendungsfall von Art. 3 Bst. a AltIV, wonach belastete (aber nicht sanierungsbedürftige) Standorte durch die Erstellung von Bauten und Anlagen nicht sanierungsbedürftig werden dürfen. Darunter fallen z.B. auch belastete Standorte, welche sich im näheren oder ferneren Umfeld des Wasserbauprojekts befinden und durch einen projektbedingten Anstieg des Grundwasserspiegels sanierungsbedürftig werden könnten. Das Bundesgericht hat entschieden, dass Kosten, die durch ein Bauvorhaben auf einem belasteten, aber nicht sanierungsbedürftigen Standort anfallen, keine Sanierungskosten im Sinne von Art. 32e Abs. 3 USG sind (vgl. BGE 1C_366/2015 Deponie «Dreieckswäldli»).

Ist ein Standort hingegen bereits sanierungsbedürftig nach AltIV, darf das Projekt nur realisiert werden, wenn die spätere Sanierung durch das Vorhaben nicht wesentlich erschwert wird, oder der Standort – soweit er durch das Vorhaben verändert wird – gleichzeitig mit dem Vorhaben saniert wird (Art. 3 Bst. b AltIV).

Anlagen sind gemäss Art. 7 Abs. 7 USG «Bauten, Verkehrswege und andere ortsfeste Einrichtungen sowie Terrainveränderungen». Erfasst werden sämtliche Bauvorhaben (Neu-, Um- und Rückbauten), Terrainveränderungen und Umnutzungen wie auch Hochwasserschutzmassnahmen oder Gewässerrevitalisierungen, welche ein Baugesuch und eine Baubewilligung gemäss Art. 22 ff. des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG) bzw. gemäss den entsprechenden Ausführungsvorschriften von Bund, Kanton und

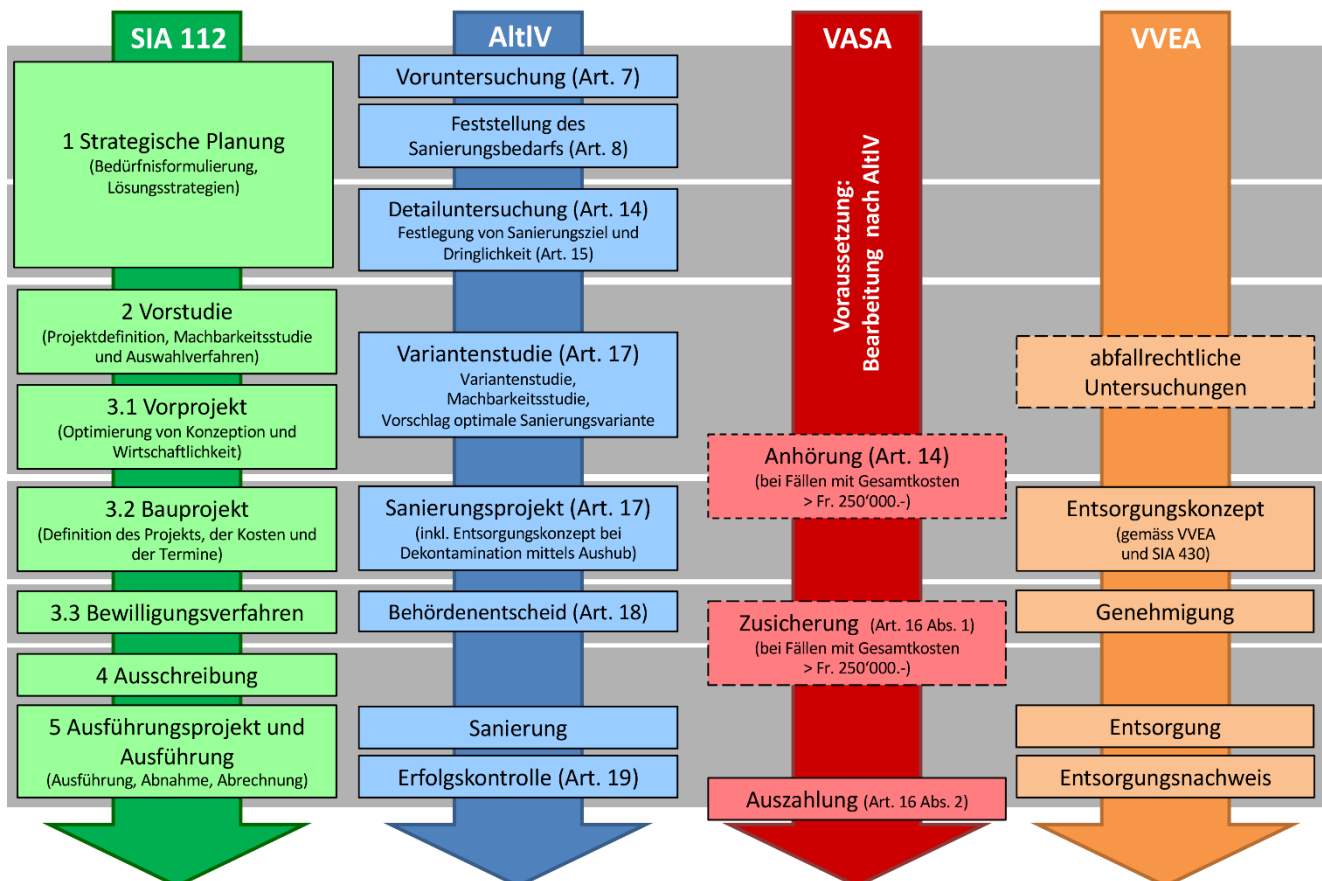
Gemeinden erfordern. Bei der Beurteilung von Veränderungen infolge wasserbaulicher Projekte sei deshalb auch auf die Vollzugshilfe «Bauvorhaben und belastete Standorte» (BAFU, 2016) [2] verwiesen.

2.6 Genereller Ablauf

Die Altlastenbearbeitung erfolgt wie üblich in Etappen gemäss untenstehendem Schema (Abb. 9). Weil bei der Bearbeitung und Beurteilung von belasteten Standorten gemäss dieser Vollzugshilfe fast immer verschiedene Fach- und Rechtsbereiche betroffen sind (im speziellen Altlasten und Gewässerschutz), ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Fachbereichen sowohl auf Ebene Gutachter/Projektanten wie auch auf Ebene Behörden wesentlich.

Abbildung 9:

Schema des generellen Ablaufs der Altlastenbearbeitung (blau) im Zusammenspiel mit den Verfahren gemäss SIA, VASA³ und VVEA.



In der **Voruntersuchung gemäss AltIV** ist zu untersuchen, ob vom belasteten Standort schädliche oder lästige Einwirkungen ausgehen oder die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen:

³ Falls die Einzelkosten der Detailuntersuchung, der Variantenstudie oder des Sanierungsprojekts bereits über Fr. 250 000.- betragen, so sind für diese separat eine Anhörung und Zusicherung gemäss VASA durchzuführen.

-
- auf das Oberflächengewässer (z.B. Wasserqualität, Fische, Lebewesen im Sediment),
 - und/oder direkt auf den Menschen (trinken des verunreinigten Wassers, baden/schwimmen in verunreinigtem Wasser, Direktkontakt mit belastetem Sediment, spielende Kinder im kontaminierten Uferbereich etc.).

Bei der Gefährdungsabschätzung und der Beurteilung des Sanierungsbedarfs werden die Kriterien Schadstoffpotential, Exposition und Freisetzungspotential beurteilt. Dabei ist insbesondere auch die Langzeitstabilität des Standorts (z.B. bei Uferrutschungen, Hochwasser, Erosionsanfälligkeit) zu beurteilen. Erläuterungen zur Beurteilung der Sanierungsziele und der Dringlichkeit durch die Behörde finden sich im Vollzugshilfe-Modul «Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung» (BAFU, 2018 [13]).

Anmerkung zum Begriff «konkrete Gefahr»

Eine konkrete Gefahr liegt nach der bundesgerichtlichen Rechtsprechung vor, wenn «nach dem gewöhnlichen Lauf der Dinge die Wahrscheinlichkeit oder nahe Möglichkeit der Verletzung des geschützten Rechtsgutes besteht» (BGE 94 IV 60, S. 62). Sie führt «bei ungehindertem Ablauf des zu erwartenden Geschehens mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden für Polizeigüter» (Tschannen Pierre/Zimmerli Ulrich/Müller Markus, Allgemeines Verwaltungsrecht, 4. Aufl., Bern 2014, § 54 N 27). Der blosse, nicht näher begründete Verdacht, dass der belastete Standort im Laufe der Zeit schädliche oder lästige Einwirkungen auf das Schutzgut Oberflächengewässer haben könnte, reicht somit nicht aus, um einen Sanierungsbedarf zu begründen.

2.7 Anpassung der Sanierungsziele gemäss Art. 15 Abs. 3 AltIV

Für einen sanierungsbedürftigen belasteten Standort müssen im Rahmen einer Detailuntersuchung die **Ziele und die Dringlichkeit der Sanierung** bestimmt werden. Gestützt auf die Evaluation der Sanierungsvarianten muss gemäss Art. 15 AltIV geprüft werden, ob von den ursprünglichen Sanierungszielen abgewichen werden muss.

Art. 15 Abs. 3 AltIV definiert, ob und wie weit das Sanierungsziel bezüglich oberirdische Gewässer angepasst werden muss. Wie bei Art. 15 Abs. 2 für das Schutzgut Grundwasser ist auch hier vom Sanierungsziel abzuweichen, wenn **alle drei aufgeführten Bedingungen kumulativ** erfüllt sind. D.h. vorliegend, dass:

- die Umwelt gesamthaft weniger belastet wird (Bst. a),
- ansonsten unverhältnismässige Kosten anfallen würden (Bst. b)
- und die Anforderungen der Gewässerschutzgesetzgebung an die Wasserqualität erfüllt sind (Bst. c).

Es darf nur so weit von den ursprünglichen Zielen abgewichen werden, bis eine der drei Bedingungen nicht mehr erfüllt ist. Für Art. 15 Abs. 3 Bst. a und b verweisen wir auf das Vollzugshilfemodul «Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung» (BAFU, 2018).

Für die Beurteilung gemäss Bst. c, also ob das Gewässer «die Anforderungen der Gewässerschutzgesetzgebung an die Wasserqualität erfüllt», sind die Bestimmungen von Anhang 2 Ziff. 1 GSchV massgebend. Neben den verbalen Anforderungen sind nachfolgende numerische Anforderungen zu berücksichtigen:

- in Ziff. 11 Abs. 1 Bst. c: Das Wasser muss nach Anwendung von angemessenen Aufbereitungsverfahren die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung erfüllen (Anhang 2 TBDV).

-
- in Ziff. 11 Abs. 3: Die numerischen Anforderungen an oberirdische Gewässer sind einzuhalten. Besondere natürliche Verhältnisse wie Wasserzufluss aus Moorgebieten, seltene Hochwasserspitzen oder seltene Niederwasserereignisse bleiben vorbehalten.
 - in Ziff. 12 Abs. 5: Die zusätzlichen numerischen Anforderungen an Fliessgewässer sind einzuhalten. Auch hier bleiben besondere natürliche Verhältnisse wie Wasserzufluss aus Moorgebieten, seltene Hochwasserspitzen oder seltene Niederwasserereignisse vorbehalten.
 - in Ziff. 13 Abs. 3 Bst. b: Die numerischen Anforderungen an den Sauerstoffgehalt in stehenden Gewässern (Seen) unter Vorbehalt besonderer natürlicher Verhältnisse sind einzuhalten.

Die Beurteilung der Qualität des oberirdischen Gewässers findet dabei immer nach weitgehender Durchmischung⁴ statt, die Anforderungen an die Wasserqualität müssen aber sowohl bei Hoch- wie bei Niedrigwasserstand erfüllt sein.

⁴ Die «weitgehende Durchmischung» hängt stark vom jeweiligen Fliessgewässer ab, insbesondere von den vorhandenen Turbulenzen. Eine allgemeine Definition des Begriffs existiert nicht. Es liegt daher im Ermessensspielraum der Kantone, die entsprechende Strecke je nach Gewässer festzulegen.

3 Belasteter Standort an einem Gewässer

3.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)

Die folgenden Ausführungen betreffen belastete Standorte an einem Gewässer gemäss dem Geltungsbereich in Kapitel 2 dieser Vollzugshilfe.

In einem ersten Beurteilungsschritt (Erstbewertung) bewertet die Behörde alle betroffenen Standorte (Basis: Überflutungskarten **HQ₃₀**⁵ Gewässerraum, KbS), ob sie gemäss vorliegender Vollzugshilfe untersuchungsbedürftig sind.

Bei belasteten Standorten, die direkt an einem Gewässer liegen und z.B. bei hohem Wasserstand tangiert werden, ist das Schutzgut Oberflächengewässer immer betroffen. Es ist daher davon auszugehen, dass schädliche oder lästige Einwirkungen auf das Schutzgut möglich sind. Ein solcher belasteter Standort ist deshalb grundsätzlich untersuchungsbedürftig. Falls die kantonale Fachbehörde den Standort bereits gemäss Art. 5 Abs. 4 Bst. **a** AltIV als *nicht untersuchungsbedürftig* beurteilt hat, müsste sie ihn grundsätzlich gemäss Art. 5 Abs. 4 Bst. **b** AltIV als *untersuchungsbedürftig* umklassieren. Folgende Punkte sind dabei aber zu beachten und führen evtl. dazu, dass die Beurteilung als *nicht untersuchungsbedürftig* beibehalten werden kann:

- Bei belasteten Standorten, welche weiter entfernt vom Gewässer liegen und/oder versiegelt sind, ist die Untersuchungsbedürftigkeit im Einzelfall zu beurteilen.
- Bei belasteten Standorten ist der Prozess Durchsickerung einzig bei Hochwasser im Regelfall nicht ausreichend für einen Untersuchungsbedarf gemäss dieser Vollzugshilfe. Dieser Freisetzungsprozess wird aufgrund des nur episodischen und seltenen Auftretens im Rahmen der Erstbewertung nach Art. 5 Abs. 4 AltIV nicht berücksichtigt.

Die Erstbewertung betreffend **Erosion** erfolgt vorzugsweise in einer Zusammenarbeit der Altlasten-Fachpersonen mit den Fachleuten aus den weiteren betroffenen Bereichen (meist Wasserbau sowie Gefahrenmanagement/Hochwasserschutz) und hat folgendes zu berücksichtigen:

- Bei der **horizontalen (seitlichen) Erosion** steht die Frage im Vordergrund, ob bereits Abfälle durch Erosion in das Oberflächengewässer eingetragen wurden, oder ob bei einem HQ₁₀₀-Ereignis dafür eine konkrete Gefahr besteht. Die Anfälligkeit auf seitliche Erosion besteht grundsätzlich immer innerhalb des Gewässerraums und ist im Wesentlichen abhängig von der Energie des Gewässers und dem Zustand des Ufers.
- Die Anfälligkeit für **vertikale Erosion** am belasteten Standort bei Hochwasserereignissen ist von lokalen Faktoren abhängig: Oberflächenbeschaffenheit (Vegetation, landwirtschaftliche Nutzung, Versiegelung etc.), Einlagerungstiefe der belasteten Schichten unter unverschmutztem Deckmaterial, Geländeneigung,

⁵ Bitte beachten: Das Kriterium HQ₃₀ wird nur genau hier (für die Definition des Geltungsbereichs) verwendet. In allen übrigen Fällen (insbesondere bei der Gefährdungsabschätzung oder der Beurteilung des Sanierungsbedarfs) gilt das Kriterium HQ₁₀₀.

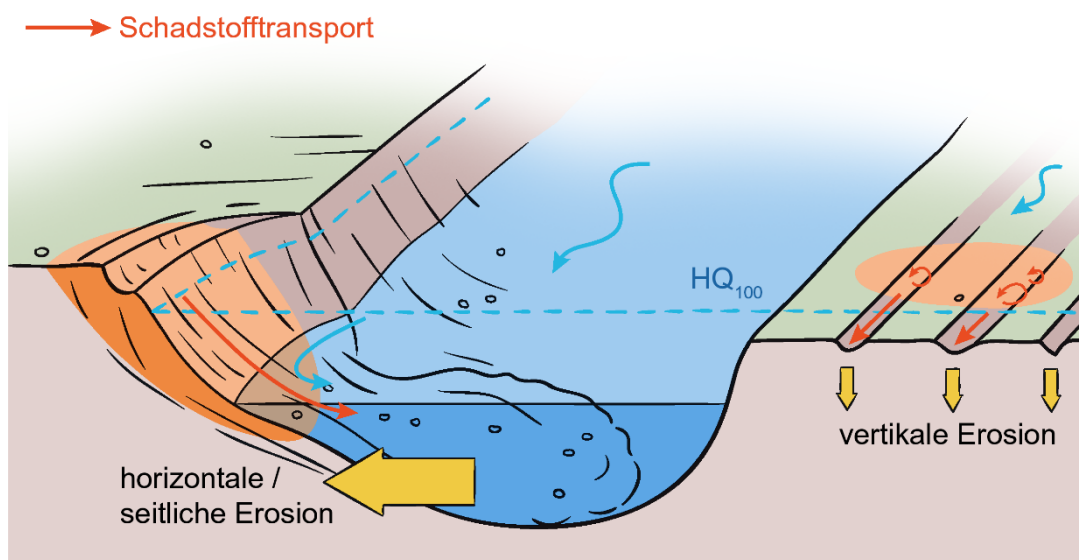
Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses (ergibt die Schleppekraft bzw. das Risiko, dass die Vegetationsdecke im Ereignisfall aufgerissen wird und damit Abfälle mobilisiert werden).

Abbildung 10:

Unterscheidung der Schadstofffreisetzung je nach Art der Erosion:

Horizontale/seitliche Erosion: Der Schadstofftransport erfolgt durch Destabilisierung der Uferböschung und Freisetzung von Abfällen ins Gewässer (z.B. Uferrutschung als Erosionsfolge).

Vertikale Erosion: Im Fall einer Überflutung bei Hochwasser kann die schützende Deckschicht weggerissen und es können Abfälle weggeschwemmt werden.



3.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)

Wenn ein belasteter Standort an einem Oberflächengewässer durch vorgängige Abklärungen (vgl. Kapitel 3.1) im KbS als untersuchungsbedürftig eingetragen ist, sollen gemäss vorliegender Vollzugshilfe die weiteren Untersuchungen geplant und der Standort beurteilt werden. Es ist zu untersuchen, ob vom belasteten Standort schädliche oder lästige Einwirkungen auf das Oberflächengewässer ausgehen können.

Weil Standorte innerhalb des Gewässerraumes sowie insbesondere bei direktem Kontakt zum Oberflächengewässer in einem dynamischen System mit dem Gewässer interagieren, stehen bei den Untersuchungen vor allem folgende Prozesse im Vordergrund:

- Lösung der Schadstoffe bei der **Durchsickerung** des Standorts und Exfiltration des Sickerwassers in das Oberflächengewässer.
- **Erosion** des Standorts und Freisetzung von Abfällen in das Oberflächengewässer. Hierbei ist auf ein hundertjähriges Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) abzustützen.

Voruntersuchung

Im Rahmen einer **historischen Untersuchung** sind in einem ersten Beurteilungsschritt die vorhandenen Kenntnisse über die möglichen Ursachen für die Belastung des Standorts und dessen Umfeld zusammenzutragen, resp. die Kenntnislücken zu bestimmen.

Mit der **technischen Untersuchung** werden (aufgrund eines durch die Behörde genehmigten Pflichtenheftes) Art und Menge der Stoffe am Standort sowie deren Freisetzungsmöglichkeiten eruiert. Die Dynamik des betroffenen Gewässers ist zu berücksichtigen. Im Pflichtenheft werden Gegenstand, Umfang und vorgesehene Methoden zusammenfassend dargestellt. Dabei ist auf einen möglichst zielgerichteten und effizienten Einsatz der oft kostenintensiven technischen Untersuchungsmassnahmen zu achten.

Untersuchung der Lösung von Schadstoffen bei Durchsickerung des Standorts

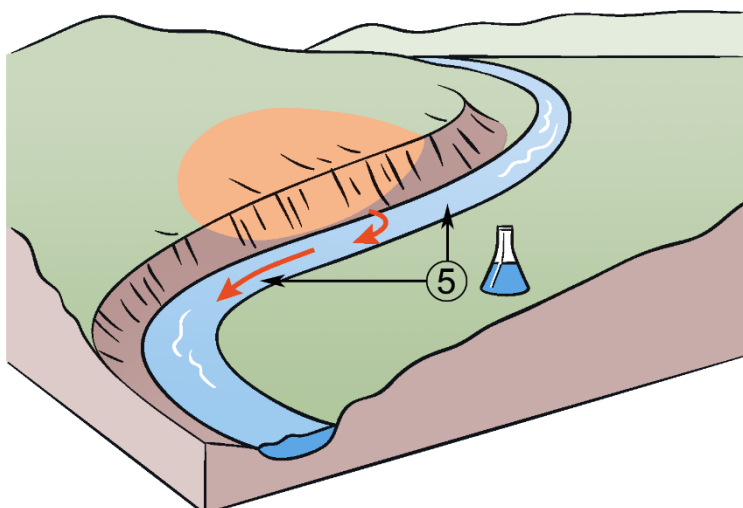
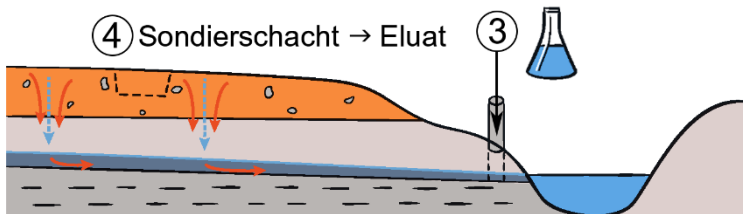
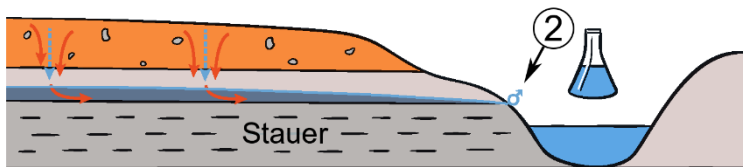
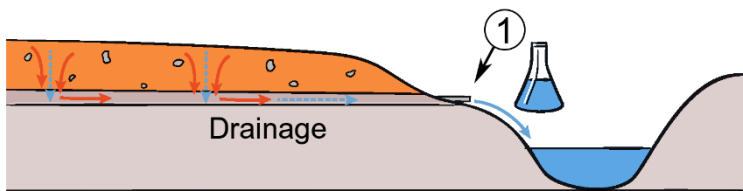
Primär soll die Bestimmung der Gefährdung eines Gewässers durch lösliche Schadstoffe mittels direkter Beprobung und Analyse der Sickerwässer erfolgen. Die von einem belasteten Standort stammenden Stoffe fließen tendenziell vertikal in der ungesättigten Zone, bis sie die gesättigte Zone erreichen, oder auf präferentiellen Fließwegen als Sickerwasser in den Vorfluter.

Bei belasteten Standorten am Gewässer müssen repräsentative Sickerwasserproben soweit möglich bei exfiltrierenden Verhältnissen unmittelbar beim Gewässer entnommen werden. Wo möglich ist das ins Oberflächengewässer austretende Sickerwasser direkt zu beproben (z.B. durch Drainagen, Sondierungen, s. Abb. 11). Die Strömungsverhältnisse des Grundwassers bei Hoch- und Niedrigwasser müssen bekannt sein und das Sickerwasser muss repräsentativ für den Standort sein, nötigenfalls sind mehrere Probenahmestellen nötig.

Ist keine direkte Beprobung möglich, soll die Gefährdung und das Freisetzungspotential durch einen Eluattest ermittelt werden. In diesen Fällen und insbesondere bei hohen Schadstoffgehalten im Sickerwasser und Gewässern mit einem geringen Verdünnungspotenzial ist auch die chemische Untersuchung des Oberflächengewässers bei unterschiedlichen meteorologischen Verhältnissen im Obstrom und im Abstrom des belasteten Standorts notwendig.

Abbildung 11:**Probenahmestandorte bei der Untersuchung von belasteten Standorten an einem Gewässer:**

Direkte Beprobung des ins Oberflächengewässer austretenden Sickerwasser durch Drainagen (1) oder Quellen (2); Indirekte Beprobung durch Eluattest (4) oder Sondierungen (3); Beprobung des Oberflächengewässers im Obstrom und Abstrom (5). Bei Untersuchungen im gewässernahen Grundwasser (3) muss die Entnahmetiefe der Probennahme bestimmt werden. Zudem muss die lokale Grundwasserfließrichtung (bei Niedrig- und Hochwasser) bekannt sein, wozu im allgemeinen drei mit Piezometern ausgerüstete Bohrungen benötigt werden.



Untersuchung der Freisetzung von Abfällen durch Erosion

Im Rahmen der natürlichen Eigendynamik eines Oberflächengewässers sind Erosion, Geschiebeumlagerung, Sohlenanhebung, Wasserspiegelschwankungen, Änderungen der Infiltration ins Grundwasser und damit evtl. verbundener Grundwasseranstieg miteinander verknüpfte Prozesse. Der aktuelle Zustand wird sich demnach über die Zeit deutlich verändern. Dies muss bei der Beurteilung der Freisetzbarkeit berücksichtigt werden.

Die Untersuchungen mit dem Ziel der Klassierung eines belasteten Standorts an Gewässern (d.h. innerhalb des Gewässerraums und/oder des Überflutungsbereichs HQ₃₀) hinsichtlich der Erosionsanfälligkeit müssen einerseits die bereits vorhandenen Erosionsphänomene erfassen. Andererseits ist durch eine hydraulische Betrachtung die Freisetzung von Abfällen bei einem HQ₁₀₀-Ereignis zu untersuchen.

Durch Erosion, welche innerhalb des Gewässerraumes als natürliche Veränderung erwünscht ist, können Rutschungen mit anschliessender Umlagerung als Geschiebe sowie ein direkter Abtrag des belasteten Standorts erfolgen. Dadurch können innert kurzer Zeit grosse Mengen an Abfällen in das Gewässer freigesetzt und Schadstoffe mobilisiert werden, obwohl im ungestörten Zustand im Gewässer selbst keine erhöhten Konzentrationen gemessen werden konnten.

3.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)⁶

Die Resultate der Voruntersuchung werden im Rahmen einer **Gefährdungsabschätzung** beurteilt. Das Konzept der Gefährdungsabschätzung für belastete Standorte an Gewässern stützt sich auf die üblichen Kriterien Schadstoffpotential, Exposition und Freisetzungspotential.

Aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchung beurteilt die Behörde die **Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit** eines belasteten Standorts. Gemäss Art. 10 AltIV sind dafür die schädlichen und lästigen Einwirkungen durch Schadstoffe und Abfälle (gemäss Definition in Kapitel 1) massgebend, die vom belasteten Standort ins Gewässer gelangen. Wie bei belasteten Standorten *in* einem Gewässer ist falls notwendig auch bei belasteten Standorten *an* einem Gewässer eine ökotoxikologische Betrachtung vorzunehmen (siehe Kapitel 5.2 und 5.3).

Für die Beurteilung des Standorts nach Art. 8 AltIV (Festlegung des Überwachungs- resp. Sanierungsbedarfs) ist der aktuelle bzw. der sich natürlich (ungestört durch künftige Bauvorhaben) ergebende Zustand massgebend. Besonderes Augenmerk ist auf die Hochwasserereignisse HQ₁₀₀ zu legen. So kann z.B. ein aktuell nicht direkt am Bachufer gelegener Standort in Abhängigkeit der Dynamik des Gewässers unter Umständen bei einem solchen Ereignis von den natürlichen Erosionsprozessen erfasst werden.

Werden im Wasser, welches in ein Oberflächengewässer gelangt, die Konzentrationswerte gemäss Anhang 1 AltIV überschritten, so ist ein **Überwachungsbedarf** angezeigt. Im Fall eines belasteten Standorts im Gewässerraum, dessen Sickerwasser ins Oberflächengewässer gelangt, entspricht dies der bewährten Beurteilung eines Standorts nach AltIV.

⁶ Siehe dazu auch die BAFU- Vollzugshilfe «Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung», 2018 ([3])

Ein **Sanierungsbedarf** besteht, wenn ein Standort – unabhängig von einem Bauprojekt – zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen führt, oder die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen (Art. 32c Abs. 1 USG). Folgende Situationen lösen (einzeln) einen Sanierungsbedarf aus:

- Im Wasser, welches in das oberirdische Gewässer gelangt, werden die 10-fachen Konzentrationswerte nach Anhang 1 AltIV überschritten (Art. 10 Abs. 2 Bst. a AltIV).
- Gemäss Art. 10 Abs. 1 Bst. a AltIV ist im Eluat ein Konzentrationswert gemäss Anhang 1 AltIV überschritten. Gleichzeitig besteht die konkrete Gefahr, dass auch die 10-fachen Konzentrationswerte nach Anhang 1 AltIV überschritten werden (Art. 10 Abs. 2 Bst. b AltIV). Diese Abschätzung kann z.B. mittels Analyse des Oberflächengewässers bei unterschiedlichen meteorologischen Verhältnissen im Obstrom und im Abstrom des belasteten Standorts und die Rückrechnung auf die Sickerwasserkonzentration geschehen.
- Durch Erosion werden bereits feste Abfälle in das Gewässer freigesetzt und führen zumindest zu lästigen Einwirkungen oder bei Hochwasserereignissen HQ₁₀₀ besteht die konkrete Gefahr dazu. Die konkrete Gefahr ist mittels einer hydraulischen Betrachtung plausibel aufzuzeigen.

Ein Sanierungsbedarf nach AltIV darf nicht durch mangelnden standortüblichen Unterhalt ausgelöst worden sein.

Wasserbauprojekte

Bei der Beurteilung von Einwirkungen auf einen belasteten Standort infolge wasserbaulicher Projekte ist die Vollzugshilfe «Bauvorhaben und belastete Standorte» (BAFU, 2016) zu konsultieren. Im Übrigen wird auf Kapitel 2.5 verwiesen.

3.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit

Stellt die Behörde einen Sanierungsbedarf fest, sind anhand einer Detailuntersuchung das Sanierungsziel und die Dringlichkeit der Massnahmen festzulegen. Grundsätzliches **Ziel der Sanierung** ist gemäss AltIV die Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr von Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit geführt haben.

Ein sanierungsbedürftiger belasteter Standort muss durch die Sanierung nicht in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden. Wird der Sanierungsbedarf behoben, kann der Standort als belasteter Standort, der weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig ist, verbleiben. Die Sanierungsziele hängen folglich direkt von den Kriterien und Resultaten der Gefährdungsabschätzung sowie der Beurteilung des belasteten Standorts am Gewässer ab.

Das Vorgehen bezüglich Bewertung der **Sanierungsdringlichkeit** ist im Vollzugshilfe-Modul «Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung» (BAFU, 2018) beschrieben. Wenn ein belasteter Standort bereits durch häufige Hochwasserereignisse (z.B. HQ₁₀) tangiert wird, erhöht dies die Dringlichkeit einer Sanierung. Zur Beurteilung der Dringlichkeit kann des Weiteren auch die unterschiedliche Sensibilität des Schutzguts («ökologisch wertvoller Bach im Naturschutzgebiet» vs. «betonierter Entwässerungskanal») mitberücksichtigt werden.

3.5 Sanierungsprojekt und Sanierung

Das Sanierungsverfahren hängt einerseits von den Sanierungszielen und andererseits von der Art und der Lage der Belastungen ab. Im Rahmen einer **Variantenstudie** müssen die verschiedenen Sanierungen hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses beurteilt werden. Abschliessend ist für die daraus resultierende optimale Sanierungsvariante zu prüfen, ob gemäss Art. 15 AltIV vom Sanierungsziel abgewichen werden muss (siehe Kapitel 2.7).

Wenn die Gefährdungsabschätzung einen Sanierungsbedarf ergibt und verhältnismässige Sanierungsmassnahmen existieren, ist eine Sanierung durchzuführen.

Als Sofortmassnahme sind ergänzend Nutzungsänderungen oder -einschränkungen (z.B. Badeverbot, Fischfangverbot etc.) fallbezogen zu prüfen.

Bei der Evaluation der optimalen Sanierungsvariante sind auch Überlegungen zur Erzielung eines ökologischen Mehrwertes einzubeziehen. Es empfiehlt sich, dabei das Vollzugshilfemodul «Evaluation von Sanierungsvarianten» (BAFU, 2014) zu befolgen. Primär ist innerhalb des Gewässerraums die Dekontamination durch Entfernen der belasteten Bereiche anzustreben. Allerdings müssen Sanierungsmassnahmen immer auch verhältnismässig sein, weshalb fallweise auch eine Sicherung des belasteten Standorts möglich ist.

Die Planung eines Sanierungsprojekts am Gewässer ist anspruchsvoll und in den meisten Fällen nur in einem interdisziplinären Team von Fachleuten möglich (Bereich Altlasten, Gewässerökologie, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Wasserbau etc.). Teil der Sanierung ist auch die VVEA-konforme Entsorgung der bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort. Betreffend VASA-Abgeltungen wird auf das Kapitel 6.2 verwiesen.

4 Belasteter Standort über einem Gewässer

4.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)

Die folgenden Ausführungen betreffen belastete Standorte über einem Gewässer gemäss dem Geltungsbereich in Kapitel 2 dieser Vollzugshilfe.

Bei belasteten Standorten, die über einem Gewässer liegen, ist das Schutzgut Oberflächengewässer grundsätzlich betroffen. Es ist daher davon auszugehen, dass schädliche oder lästige Einwirkungen auf das Schutzgut möglich sind. Ein belasteter Standort über einem Gewässer ist deshalb grundsätzlich untersuchungsbedürftig, d.h. gemäss Art. 7 AltIV ist eine Voruntersuchung durchzuführen.

Falls die kantonale Fachbehörde den Standort bereits gemäss Art. 5 Abs. 4 Bst. **a** AltIV als *nicht untersuchungsbedürftig* beurteilt hat, müsste sie ihn grundsätzlich gemäss Art. 5 Abs. 4 Bst. **b** AltIV als *untersuchungsbedürftig* umklassieren. Die Beurteilung als *nicht untersuchungsbedürftig* könnte jedoch in folgenden Fällen beibehalten werden:

- Falls bereits ohne Voruntersuchung gemäss dieser Vollzugshilfe klar ist, dass vom Standort keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu erwarten sind. Das heisst insbesondere, dass sich die Eindolung in einem guten Zustand befindet und genügend gross dimensioniert ist, so dass bei einem HQ₁₀₀ nicht die konkrete Gefahr besteht, dass Abfälle ins Gewässer erodiert werden können. Ausserdem darf es keine Hinweise darauf geben, dass in Deponiesickerwässern, welche ins Oberflächengewässer gelangen, Konzentrationswerte gemäss Anhang 1 AltIV überschritten sein könnten.
- Falls es sich nachweislich um eine Ablagerung mit Abfallqualität A⁷ und/oder B (VVEA) handelt, die erosionsstabil ist und deshalb keine Abfälle weggeschwemmt werden können.

Falls Unklarheit betreffend den Zustand der Eindolung besteht, muss sie überprüft werden (z.B. aufgrund vorhandener Dokumentation, Sichtkontrolle, ältere Kanalfernsehaufnahmen etc.). Darauf basierend kann entschieden werden, ob beim Standort effektiv keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu erwarten sind.

4.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)

Es ist zu untersuchen, ob vom belasteten Standort eine Gefährdung des Oberflächengewässers ausgehen kann. Folgende Fragen stehen bei den Untersuchungen im Vordergrund:

⁷ Reine Typ A – Deponien sind keine belasteten Standorte gemäss AltIV und werden daher nicht in den KbS eingetragen.

-
- Findet bereits ein unzulässiger Eintrag von Schadstoffen oder Abfällen in das Gewässer statt?
 - Besteht die konkrete Gefahr des Wegschwemmens von Schadstoffen oder Abfällen insbesondere, weil die Grösse der Eindolung zu gering dimensioniert ist und/oder weil sie in einem schlechten baulichen Zustand ist (undicht, versintert, eingestürzt, Einsturzgefahr, etc.?) → Prüfung mittels Kamerabefahrung.
 - Besteht die konkrete Gefahr (Nachweis mittels einer hydraulischen Betrachtung), dass der Standort bei einem Hochwasser HQ_{100} eingestaut oder allenfalls überflutet wird? (Zur Klärung dieser Frage können allfällig vorhandene Gefahrenkarten konsultiert werden.) Kann dies zur Überflutung und dadurch zur Erosion und Abschwemmung von Schadstoffen oder Abfällen führen?

Voruntersuchung

Im Rahmen einer **historischen Untersuchung** sind in einem ersten Beurteilungsschritt die vorhandenen Kenntnisse über die möglichen Ursachen für die Belastung des Standorts und dessen Umfeld zusammenzutragen, resp. die Kenntnislücken zu bestimmen. Über die Eindolung im Speziellen sind folgende Erhebungen nötig:

- Abklärungen betreffend die bestehende technische Ausrüstung (Eindolung) und das eventuell eingebaute Drainagesystem.
- Die aus allfälligen Plänen erhaltenen Angaben über die Eindolung sind im Rahmen einer ersten Begehung im Feld zu überprüfen. Beim Drainagesystem und der Eindolung kann es vorkommen, dass nur Projekt- aber keine Ausführungspläne erstellt wurden. Es ist deshalb nicht auszuschliessen, dass die Ausführung vom ursprünglichen Projekt abweicht.
- Sichtung allfällig vorhandener älterer Kanalfernsehaufnahmen.

Mit der **technischen Untersuchung** werden (aufgrund eines durch die Behörde genehmigten Pflichtenheftes) Art und Menge der Stoffe am Standort sowie deren Freisetzungsmöglichkeiten eruiert. Im Pflichtenheft werden Gegenstand, Umfang und vorgesehene Methoden zusammenfassend dargestellt. Die Dynamik des betroffenen Gewässers ist dabei zu berücksichtigen. Im Speziellen sind folgende Erhebungen nötig:

Beurteilung Qualität des Oberflächengewässers und des Sickerwassers

- Beurteilung der Qualität des Oberflächengewässers: Beprobung unmittelbar ober- und unterhalb der Eindolung. Die Differenz der Qualität des Bachwassers und/oder die Belastung des Sediments unterhalb des Standortes gibt Hinweise über die Dichtigkeit der Eindolung (Zutritt von Deponiesickerwasser) und über die Qualität von allfälligen Einleitungen von Deponiesickerwasser bzw. Sickerwassereintritten in die Eindolung. Die Wasserproben sollen bei unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen (Niederwasser bzw. nach starken Niederschlägen) entnommen werden.
- Falls Sickerwasser direkt beprobbar ist, ist zu untersuchen, ob die 10-fachen Konzentrationswerte nach Anhang 1 AltIV überschritten werden.

Beurteilung Zustand Eindolung

In der Regel sind dazu Kanalfernsehaufnahmen nötig, um Informationen über mögliches Versagen (Kollaps mit Gefahr des Wegschwemmens von Abfällen) und Eintrittsstellen von Deponiesickerwasser zu erhalten (Risse, undichte Stellen, defekte Rohrverbindungen, Abplatzungen von Beton, etc.). Verfärbungen können Hinweise auf Sickerwasserzutritte geben.

Beurteilung der Überflutungsgefahr

Vor allem bei kleineren Deponien dürften beim Bau einer Eindolung keine genaueren Berechnungen vorgenommen worden sein zur Gewährleistung einer genügenden Durchflusskapazität im Fall eines Hochwassers. In dem Fall muss damit gerechnet werden, dass bei Hochwasser eine Deponie durch das Oberflächenwasser eingestaut oder überschwemmt wird und dadurch Abfälle mobilisiert werden. Bei einigen Deponien haben sich im Verlaufe der Zeit auch die ursprünglichen hydrologischen Randbedingungen geändert (z.B. zunehmende Versiegelung des Einzugsgebietes, Kanalisationsentlastungen etc.), so dass auch hier die genügende Durchflusskapazität der Eindolung fraglich ist. Mittels einer einfachen hydraulischen Abschätzung soll deshalb eine Überprüfung vorgenommen werden, ob die bestehende Durchflusskapazität für ein HQ_{100} genügt. Die Beurteilung der Abflusskapazität der Eindolung soll grundsätzlich durch eine Hydraulik-Fachperson durchgeführt werden. Es besteht Überflutungsgefahr, falls die Abflusskapazität der Eindolung kleiner ist als die Abflussmenge aus dem Einzugsgebiet.

Deponiestabilität

Kleinere Deponien besitzen an ihrer Stirn in der Regel keinen stabilisierenden Damm aus Fremdmaterial. Wo vorhanden, fehlen allerdings häufig genauere Berechnungen der Dammsstabilität, insbesondere bezüglich potenzieller Niveauschwankungen von Deponiestauwasser.

Die Frage der Deponiestabilität muss deshalb, speziell im Hinblick auf ein längerfristiges Risiko, beantwortet werden. Eine grobe Beurteilung durch eine Geotechnik-Fachperson genügt hier in der Regel.

Für die Beurteilung der Deponiestabilität sind grundsätzlich folgende Fälle zu beachten:

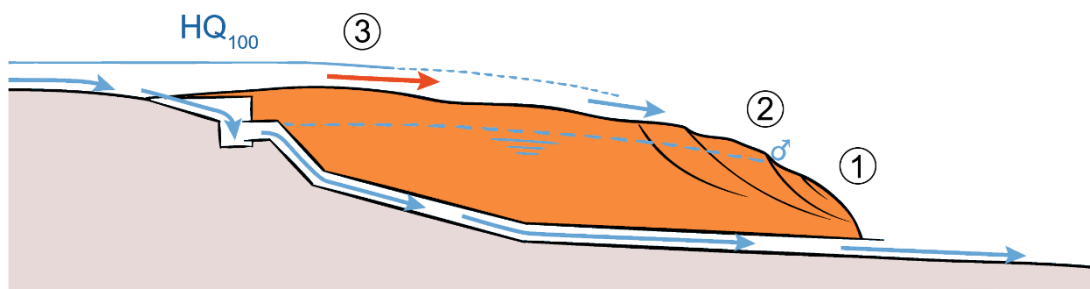
- Die Stabilität der Böschung an der Deponiestirn (Gefahr des Abrutschens ins Oberflächengewässer und damit der Freisetzung von Abfällen).
- Aufstau von Deponiesickerwasser und Bildung von Hangquellen mit Schadstoffaustrag.

Die Gesamtstabilität des Systems (Deponiekörper, Damm, Untergrund) muss gewährleistet sein.

Abbildung 12:

Querschnitt durch eine Deponie mit Eindolung mit den zu beurteilenden Prozessen hinsichtlich der Deponiestabilität:

(1) Böschungsversagen/Abrutschen an der Stirn; (2) Aufstau des Sickerwasserspiegels und Bildung von Hangquellen; (3) Überflutung bei HQ_{100} mit Erosionsgefahr.



4.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)

Die Resultate der Voruntersuchung werden im Rahmen einer **Gefährdungsabschätzung** beurteilt. Dabei werden die Kriterien Schadstoffpotential, Exposition und Freisetzungspotential bewertet.

Aufgrund der Ergebnisse einer Voruntersuchung beurteilt die Behörde die **Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit** eines belasteten Standorts. Gemäss Art. 10 AltIV sind dafür die schädlichen und lästigen Einwirkungen durch Schadstoffe und Abfälle massgebend, die vom belasteten Standort ins Gewässer gelangen. Wie bei belasteten Standorten *in* einem Gewässer ist falls notwendig auch bei belasteten Standorten *über* einem Gewässer eine ökotoxikologische Betrachtung vorzunehmen (siehe Kapitel 5.2 und 5.3).

Für die Beurteilung des Standorts nach Art. 8 AltIV (Festlegung des Überwachungs- resp. Sanierungsbedarfs) ist der aktuelle bzw. der sich natürlich (ungestört durch künftige Bauvorhaben) ergebende Zustand massgebend. Zu berücksichtigen ist, dass die Lebensdauer einer Bacheindolung beschränkt ist; d.h. in den meisten Fällen wird das Oberflächengewässer früher oder später auf Grund von Dichtigkeitsproblemen gefährdet und eine Sanierung wird erforderlich.

Erst wenn eine Kamerabefahrung der Eindolung belegt, dass sie noch intakt und dicht ist, muss durch eine Fachperson beurteilt werden, ob die Langzeitstabilität des Bauwerks für eine Restlaufzeit bis mindestens 2040 gesichert ist (=Ziel BAFU für Abschluss der baulichen Altlastensanierungsmassnahmen)⁸. Dabei ist zu prüfen:

- Risiko auf Versagen der Eindolung
- Risiko von Überflutung mit Erosionsgefahr
- Risiko von Instabilität der Deponie
- Risiko einer damit verbundenen Schadstoff- oder Abfallfreisetzung ins Oberflächengewässer

Ein **Sanierungsbedarf** besteht, wenn ein Standort – unabhängig von einem Bauprojekt (z.B. Wasserbauprojekt) – zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen führt, oder die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen (Art. 32c Abs. 1 USG). Folgende Situationen können einen Sanierungsbedarf auslösen:

- Durch eine undichte, einsturzgefährdete oder bereits eingestürzte Eindolung werden bereits Abfälle in das Gewässer freigesetzt oder bei Hochwasserereignissen HQ₁₀₀ besteht die konkrete Gefahr dazu (schädliche oder lästige Einwirkungen). Die konkrete Gefahr ist plausibel aufzuzeigen (z.B. mittels einer hydraulischen Modellierung).
- Es besteht das Risiko von Deponieinstabilität und damit die konkrete Gefahr, dass Abfälle in das Gewässer freigesetzt werden und somit zumindest zu lästigen Einwirkungen führen können. Die Beurteilung dieser Gefahr ist mit geotechnischen Betrachtungen plausibel aufzuzeigen.
- Im Wasser, welches in das oberirdische Gewässer gelangt⁹, werden die 10-fachen Konzentrationswerte nach Anhang 1 AltIV überschritten (Art. 10 Abs. 2 Bst. a AltIV).

⁸ Im erläuternden Bericht des Bundesrats vom Mai 1997 zur AltIV wird verlangt, dass zumindest die prioritären Altlasten im *Zeitraum von einer Generation* zu sanieren seien.

⁹ Dieser Nachweis kann auch durch eine Differenzbetrachtung mittels Beprobung im Obstrom und Abstrom des Gewässers erfolgen.

-
- Gemäss Art. 10 Abs. 1 Bst. a AltIV ist im Eluat ein Konzentrationswert gemäss Anhang 1 AltIV überschritten. Gleichzeitig besteht die konkrete Gefahr¹⁰, dass auch die 10-fachen Konzentrationswerte nach Anhang 1 AltIV überschritten werden (Art. 10 Abs. 2 Bst. b AltIV).

Ein Sanierungsbedarf nach AltIV darf nicht durch mangelnden standortüblichen Unterhalt (insbesondere mangelhaftes Freihalten/Reinigen der Dolung) ausgelöst worden sein.

Wasserbauprojekte

Bei der Beurteilung von Einwirkungen auf einen belasteten Standort infolge wasserbaulicher Projekte ist die Vollzugshilfe «Bauvorhaben und belastete Standorte» (BAFU, 2016) zu konsultieren. Im Übrigen wird auf Kapitel 2.5 verwiesen. Als wasserbauliches Projekt ist auch die Ausdolung (gemäss Art 38 GSchG) zu verstehen.

4.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit

Stellt die Behörde einen Sanierungsbedarf fest, sind anhand einer Detailuntersuchung das **Sanierungsziel und die Dringlichkeit** der Massnahmen festzulegen. Grundsätzliches Ziel der Sanierung ist gemäss AltIV die Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr von Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit geführt haben.

Ein sanierungsbedürftiger belasteter Standort muss durch die Sanierung nicht in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden. Wird der Sanierungsbedarf behoben, kann der Standort als belasteter Standort, der weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig ist, verbleiben. Weil die Standorte im Sinne einer langfristigen und nachhaltigen Beseitigung der Einwirkungen **spätestens nach 2 Generationen** ohne weitere Massnahmen der Nachwelt überlassen werden sollen, sind beispielsweise Sickerwasserbehandlungen als Sanierungsvariante nur zulässig, wenn dadurch innert dieser Frist eine nachhaltige Abnahme der Schadstoffkonzentration bis auf das Sanierungsziel erfolgt. Die Sanierungsziele hängen direkt von den Kriterien und Resultaten der Gefährdungsabschätzung sowie der Beurteilung des belasteten Standorts über einem Gewässer ab.

Das Vorgehen bezüglich Bewertung der **Sanierungsdringlichkeit** ist im Vollzugshilfe-Modul «Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung» (BAFU, 2018) beschrieben.

4.5 Sanierungsprojekt und Sanierung

Das Sanierungsverfahren hängt einerseits von den Sanierungszielen und andererseits von der Art und der Lage der Belastungen ab. Im Rahmen einer **Variantenstudie** müssen die verschiedenen Sanierungen hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses beurteilt werden. Abschliessend ist für die daraus resultierende optimale Sanierungsvariante zu prüfen, ob gemäss Art. 15 AltIV vom Sanierungsziel abgewichen werden muss (siehe Kapitel 2.7).

¹⁰ Der Nachweis einer konkreten Gefahr ist mittels Modellrechnungen zu erbringen. Es muss aufgezeigt werden, dass nach dem normalen Gang der Dinge eine Überschreitung des 10-fachen Konzentrationswerts im Sickerwasser eintreten wird.

Wenn die Gefährdungsabschätzung einen Sanierungsbedarf ergibt und verhältnismässige Sanierungsmassnahmen vorhanden sind, ist eine Sanierung durchzuführen.

Bei der Evaluation von möglichen Sanierungsvarianten müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, z.B.:

- Gemäss Art. 38 GSchG dürfen Fliessgewässer nicht eingedolt werden. Müssen bestehende Eindolungen erneuert werden, so ist – wenn immer möglich – eine Ausdolung vorzunehmen. Dies führt gegebenenfalls dazu, dass bei der Umlegung des Gewässers der belastete Standort in den neu ausgeschiedenen Gewässerraum zu liegen kommt: Im Rahmen des Sanierungsprojekts ist deshalb Kapitel 3 dieser Vollzugshilfe («Belastete Standorte an einem Gewässer») zu berücksichtigen.
- Wie kann der Bach um- oder über die Deponie geleitet werden? Ausdolungen erfordern generell genügend Platz und geeignete hydraulische Gefällsverhältnisse.
- Fällt nach der Umleitung des Oberflächengewässers (z.B. in den Deponiedrainagen) Sickerwasser an? Wie und wie lange muss dieses abgeleitet und behandelt werden? Langfristig sollte nur noch Sickerwasser aus dem Deponiekörper austreten, welches die Einleitbedingungen in Gewässer (ohne Aufbereitung) erfüllt.
- Eine Ausdolung durch Dekontamination der belasteten Bereiche ist in den meisten Fällen nicht notwendig und/oder nicht verhältnismässig.
- Ist ein Ausnahmefall gemäss Art. 38 Abs. 2 Bst. e GSchG vorhanden, der gegen eine Ausdolung spricht? Auf eine Ausdolung kann verzichtet werden, falls sie z.B. aufgrund der Platzverhältnisse oder der Topografie nicht möglich ist oder wenn sie für die Landwirtschaft erhebliche Nachteile mit sich bringt. In diesen Fällen kann eine Ertüchtigung der Eindolung (Relining) als Sanierungsvariante akzeptiert werden: Ist das Relining der Bacheindolung technisch und hydraulisch möglich (inkl. Alternativen wie z.B. eine neue Eindolung mit Microtunneling)? Falls der Kanton einen solchen Ausnahmefall geltend macht und im Rahmen der Sanierung auf eine Ausdolung des Gewässers verzichtet, muss er dem BAFU im Rahmen des VASA-Verfahrens die entsprechende Stellungnahme der kantonalen Fachstellen im Bereich Gewässer einreichen.

Bei der Ausdolung sind die Varianten in folgender Priorität zu bevorzugen:

- Gerinne um die Deponie herumführen, so dass sie *ausserhalb* des neu ausgeschiedenen Gewässerraums zu liegen kommt, mit Möglichkeit der Revitalisierung (siehe auch [7]).
- Gerinne um die Deponie herumführen, so dass sie *innerhalb* des neu ausgeschiedenen Gewässerraums zu liegen kommt, mit Möglichkeit der Revitalisierung (siehe auch [7]).
- Gerinne über den Deponiekörper führen: Dies erfordert geeignete technische Massnahmen, damit auch bis zu einem Hochwasserereignis HQ₁₀₀ keine Erosion und keine verstärkte Bachwasserversickerung in den Deponiekörper stattfinden kann.

Die gewählte Sanierungsvariante muss nachhaltig sein und darf keinen grösseren Nachsorgeaufwand (z.B. längerfristig notwendiger Betrieb von Pumpen) nach sich ziehen. Bei der Evaluation der optimalen Sanierungsvariante sind auch Überlegungen zur Erzielung eines ökologischen Mehrwertes einzubeziehen. Es empfiehlt sich, dabei das Vollzugshilfemodul «Evaluation von Sanierungsvarianten» (BAFU, 2014) zu befolgen.

Die Planung des Sanierungsprojekts für einen belasteten Standort über einem Gewässer ist anspruchsvoll und in den meisten Fällen nur in einem interdisziplinären Team von Fachleuten möglich (Bereich Altlasten, Gewässerökologie, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Wasserbau etc.). Im Speziellen wird darauf hingewiesen,

dass eine Abstimmung mit den kantonalen Fachstellen im Bereich Gewässer notwendig ist (Interessenabwägung und Beurteilung gemäss Art. 38 GSchG). Falls bei der Sanierung Abfälle anfallen, ist deren VVEA-konforme Entsorgung bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort auch Teil der Sanierung. Betreffend VASA-Abgeltungen wird auf das Kapitel 6.3 verwiesen.

5 Belasteter Standort in einem Gewässer

5.1 Erstbewertung (nach Art. 5 Abs. 4 AltIV)

Wenn ein Standort in einem Gewässer durch vorgängige Abklärungen (vgl. Kapitel 2) im KbS eingetragen ist, sollen gemäss vorliegender Vollzugshilfe die weiteren Untersuchungen geplant und der Standort beurteilt werden. Wenn kein belasteter Standort nach AltIV vorliegt wie z.B. im Fall von belasteten Sedimenten in einer Stauhaltung (vgl. Abb. 7), erfolgt die Beurteilung nicht nach dieser Vollzugshilfe.

Bei belasteten Standorten, die in einem Gewässer liegen, ist das Schutzgut Oberflächengewässer immer betroffen. Es ist daher davon auszugehen, dass schädliche oder lästige Einwirkungen auf das Schutzgut möglich sind. Ein solcher belasteter Standort ist deshalb **grundsätzlich untersuchungsbedürftig**, d.h. es ist eine Voruntersuchung gemäss Art. 7 AltIV durchzuführen. Die Behörde legt eine Priorisierung sowie eine angemessene Frist für die Durchführung der Voruntersuchung fest.

Das folgende Vorgehen fokussiert auf stehende Gewässer; es ist in Fällen von belasteten Standorten in Fließgewässern sinngemäss anzuwenden.

5.2 Wie und was ist zu untersuchen (nach Art. 7 AltIV)

Es ist zu untersuchen, ob vom belasteten Standort schädliche oder lästige Einwirkungen ausgehen

- auf das Oberflächengewässer (z.B. Wasserqualität, Trinkwasserfassungen, Fische, Lebewesen im Sediment)
- oder direkt auf den Menschen (z.B. baden in verunreinigtem Wasser, Direktkontakt mit belastetem Sediment oder spielende Kinder im kontaminierten Uferbereich).

Es ist auch möglich, dass Schadstoffe vom Sediment über infiltrierendes Oberflächenwasser ins Grundwasser gelangen. Dabei ist aber in aller Regel von kleineren Frachten auszugehen.

Voruntersuchung

In einem ersten Beurteilungsschritt sind die vorhandenen Kenntnisse über die Belastung zusammenzutragen, resp. die Kenntnislücken zu bestimmen. Kriterien sind zunächst die Erkenntnisse aus der historischen Untersuchung (Betriebliche Tätigkeiten, Schadstoffarten, Schadstoffmengen, Ursache der Einbringung in das Gewässer). Je nach Lage der Belastungen im Oberflächengewässer kann die Wahrscheinlichkeit einer Schadstofffreisetzung (Remobilisierung) durch Hochwasser, Rutschungen (z.B. auch durch Erdbeben), mechanische Störungen (Bautätigkeit, ankernde Schiffe etc.) oder durch diffusive Prozesse (Gasbildung im Sediment reisst bei Freisetzung Schadstoffpartikel mit) höher oder tiefer sein.

Mit der technischen Untersuchung werden, aufgrund des durch die Behörde genehmigten Pflichtenheftes, Art, Lage und Menge der Stoffe am Standort sowie deren Freisetzungsmöglichkeiten eruiert. Im Pflichtenheft werden

Gegenstand, Umfang und vorgesehene Methoden zusammenfassend dargestellt. Dabei ist auf einen möglichst zielgerichteten und effizienten Einsatz der oft kostenintensiven technischen Untersuchungsmassnahmen zu achten. Eine geeignete Methodik zur Untersuchung von belasteten Standorten in Seen ist in [9] beschrieben.

Die Voruntersuchung gemäss AltIV eines belasteten Standorts im Gewässer muss die folgenden Punkte enthalten:

- Bestimmung des Schadstoffpotentials in den belasteten Sedimenten.
- Beurteilung der Lage und Exposition (z.B. Einlagerungstiefe der Schadstoffe im Sediment).
- Beurteilung des Freisetzungspotentials durch geeignete Tests und Analysen zur Bestimmung der Schadstofffreisetzung, deren Resultate zumindest qualitativ mit den Konzentrationswerten im Anhang 1 AltIV verglichen werden können.
- Eine Gefährdungsabschätzung, die aufgrund der Kriterien Schadstoffpotential, Exposition und Freisetzungspotential die konkrete Gefahr von schädlichen oder lästigen Einwirkungen auf die Schutzgüter aufzeigt und beurteilt.

Beim **Schadstoffpotential** sollen sowohl die ökotoxikologische als auch die humantoxikologische Gefährdung über die Schadstoffkonzentration im Sediment sowie die gesamte Schadstoffmenge untersucht und qualitativ (gross, mittel, klein; vgl. Tabelle 5.1) beurteilt werden. Als Beurteilungsgrundlagen können ökotoxikologische Schwellenwerte angewendet werden. Es sind jedoch zurzeit nicht für alle kritischen Substanzen Daten verfügbar. Gemäss AltIV besteht bei einer 10-fachen Überschreitung der Konzentrationen nach Anhang 1 AltIV ein Sanierungsbedarf.

Bei der Beurteilung der **Exposition** geht es um den potentiellen Kontakt zwischen Schadstoffen und Organismen. Der typische Transfer zwischen Schadstoffen im Sediment und dem Ökosystem See erfolgt über den direkten Eintrag in die Nahrungskette und die diffusive Freisetzung von Schadstoffen in gelöster Form [8]. Die Einlagerungstiefe der Schadstoffe im Sediment ist deshalb entscheidend. Kontaminationen in der Nähe der Sediment-Wasser-Grenzfläche bergen daher ein grosses Risiko für den Eintrag in das Ökosystem und die Nahrungskette. Dieses Risiko nimmt mit einer zunehmenden Überdeckung mit unverschmutztem Sediment ab und wird ab einer Einlagerungstiefe von > 0.3 m als klein eingestuft [8].

Das **Freisetzungspotential der Schadstoffe** hängt von der Wassertiefe, der Einlagerungstiefe der Schadstoffe im Sediment sowie von deren Mobilisierbarkeit ins überstehende Wasser, z.B. bei einer Aufwirbelung ab:

- Die Wassertiefe spielt bei der Exposition und bei der Mobilisierung eine zentrale Rolle: Ab einer Wassertiefe von > 2 m ist das Risiko eines Direktkontaktes mit Schadstoffen für den Menschen klein, bei < 0.5 m bzw. einem Badespielplatz jedoch gross. Bei Wassertiefen < 5 m ist die Mobilisierbarkeit durch Wellen sowie durch thermische Prozesse im Sediment gross (u.a. Gasbildung im Sediment). Die thermisch beeinflussten Wasserschichten reichen in voralpinen Seen typischerweise nur bis in 10–20 m Wassertiefe. Sedimente in Wassertiefen > 20 m sind weniger stark durch menschliche Eingriffe gefährdet.
- Ab einer Einlagerungstiefe von > 0.6 m ist das Risiko einer Mobilisierung durch mechanische Verletzung (z.B. Schiffsanker) vergleichsweise klein.

Zur Bestimmung des Freisetzungspotentials der Schadstoffe im ungestörten Zustand (Lösungsprozesse, Diffusion, Durchsickerung) kann einerseits die Wasserqualität direkt in oder unmittelbar über den belasteten

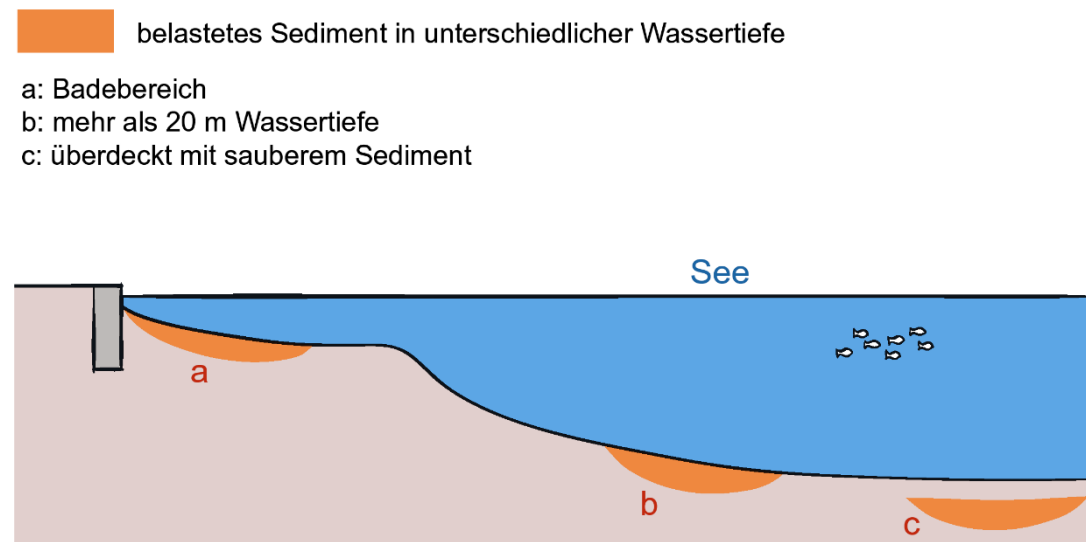
Sedimenten bestimmt werden oder mit dem belasteten Material ein Freisetzungstest (z.B. Säuleneluattest nach AltIV) durchgeführt werden.

Für die Durchführung eines Säuleneluattests nach AltIV werden relativ grosse Probemengen (10 bis 20 kg, inkl. Aliquot für zusätzliche Tests) benötigt, die in vielen Fällen (insbesondere in Seen) nur mit grösserem Aufwand gewonnen werden können. Der Säuleneluattest eignet sich zudem besser für mittel bis gut durchlässige Sedimente. Feinkörnige und damit eher schlecht durchlässige Sedimente, wie sie häufig in Seen vorkommen, sind weniger gut eluierbar. Ob ein Säuleneluattest durchgeführt werden soll, ist fallbezogen abzuklären.

Durch mechanische Störungen (Rutschungen, Hochwasser, Schiffsanker, Bagger, etc.) können in kurzer Zeit grosse Mengen an Schadstoffen mobilisiert werden, obwohl im ungestörten Zustand keine erhöhten Konzentrationen gemessen werden konnten. Es ist daher fallbezogen abzuklären, welche Tests durchgeführt werden sollten, um die Schadstofffreisetzung durch eine Aufwirbelung zu simulieren. Die gemessenen Schadstoffkonzentrationen in der Wasserphase (d.h. direkt über der Sedimentoberfläche) können ebenfalls mit den 10-fachen Konzentrationswerten im Anhang 1 AltIV verglichen werden.

Abbildung 13:

Schematischer Schnitt mit unterschiedlicher Lage des belasteten Sediments; die Relevanz der Wassertiefe wird in Kapitel 5.2 erläutert.



5.3 Beurteilung Überwachungs- und Sanierungsbedarf (Art. 8 AltIV)

Die Resultate der Voruntersuchung werden im Rahmen einer **Gefährdungsabschätzung** beurteilt. Das Konzept der Gefährdungsabschätzung für belastete Standorte in Gewässern stützt sich auf die üblichen Kriterien Schadstoffpotential, Exposition und Freisetzungspotential. Die Gefährdungsabschätzung beurteilt die konkreten Gefahren für die Schutzgüter/Schutzziele, d.h. die Risiken für Mensch (z.B. badende Kinder), aquatische Umwelt (z.B. Schadstoffaufnahme in Nahrungskette oder Futtersuche durch Vögel in Seichtstandorten) und die Langzeitstabilität (z.B. Rutschungen, Hochwasser, Erosionsanfälligkeit).

Aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchung beurteilt die Behörde die **Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit** eines belasteten Standorts. Ein Überwachungsbedarf ist nur in Ausnahmefällen gegeben, weil aufgrund der Lage im Schutzgut möglichst ein definitiver Entscheid (belastet ohne Handlungsbedarf/belastet mit Sanierungsbedarf) zu fällen ist. Für einen Sanierungsbedarf ist gemäss Art. 10 AltIV einerseits die Schadstoffkonzentration massgebend, die vom belasteten Standort ins Gewässer gelangt und andererseits die konkrete Gefahr der Gewässerverunreinigung durch Schadstofffreisetzung. Ein Sanierungsbedarf kann sich aber auch rein aufgrund «lästiger» Einwirkungen ergeben (z.B. wenn feste Fremdstoffe im Gewässer auftreten). Das Kriterium «lästig» ist jeweils eine Einzelfallbetrachtung.

Durch Ermittlung des **Schadstoffpotentials** kann das ökotoxikologische Risiko beschrieben werden. Dieses wird in der internationalen Literatur mit den so genannten TEC-Werten (threshold effect concentration: definiert eine stoffspezifische Schwelle der Sedimentbelastung, jenseits welcher toxische Effekte auf Lebewesen in Gewässern festgestellt wurden) und PEC-Werten (probable effect concentration) ermittelt. Wird der PEC-Wert überschritten, sind ökotoxikologische Effekte zu erwarten, falls Gewässerorganismen mit dem Sediment in Kontakt kommen. Die in der VVEA festgelegten Werte für unverschmutztes Aushubmaterial liegen in der Grössenordnung der TEC-Werte. Im Moment werden für die Schweiz für die wichtigsten Substanzen nach standardisierten Methoden Sediment-Qualitätskriterien hergeleitet (EQS_{Sed})¹¹.

Ist die Konzentration eines spezifischen Schadstoffes im Sediment (C_{sed} ; bezogen auf das Trockengewicht der Sedimentprobe) tiefer als der PEC-Wert, wird das Risiko einer Beeinträchtigung der Gewässerökologie als klein eingestuft. Bei einer Überschreitung des PEC-Wertes wird ein mittleres, bei einer 10-fachen Überschreitung ein grosses Risiko angenommen (vgl. auch Tabelle 5.1).

¹¹ Sobald vorhanden, werden die Werte auf der Seite des Oekotoxizentrums aufgeschaltet: <https://www.oekotoxizentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/>

Tabelle 5.1:

Ausgewählte Beispiele von häufig festgestellten Schadstoffen in belasteten Sedimenten gemäss [8]; bei einer nachgewiesenen Bleikonzentration von 500 mg/kg würde das Schadstoffpotential noch als mittel (>PEC-Wert), bei einer Bleikonzentration von 1400 mg/kg hingegen als gross eingestuft (> 10-facher PEC-Wert). Die U-Werte gemäss VVEA liegen in der gleichen Grössenordnung wie die TEC-Werte.

Stoff	Einheit	VVEA U (unverschmutztes Aushubmaterial)	TEC-Wert	PEC-Wert
Arsen	mg/kg TR	15	9.79	33
Blei	mg/kg TR	50	35.8	128
Cadmium	mg/kg TR	1	0.99	4.99
Chrom (gesamt)	mg/kg TR	50	43.4	111
Kupfer	mg/kg TR	40	31.6	149
Nickel	mg/kg TR	50	22.7	48.6
Zink	mg/kg TR	150	121	459
Quecksilber	mg/kg TR	0.5	0.18	1.06
PCB (total)	µg/kg TR	100	59	676
PAK Summe (16 EPA)	mg/kg TR	3	1.61	22.8
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	0.3	0.15	1.45

Durch Untersuchungen bzgl. **Exposition** soll beurteilt werden, in welchem Ausmass das Schutzgut dem Schadstoffpotential ausgesetzt oder von ihm betroffen ist (Schadstoffeintrag in die Nahrungskette, Direktkontakt des Menschen mit dem belasteten Sediment, Schadstofffreisetzung ins Wasser etc.). Entscheidend ist, ob sich die belasteten Sedimente direkt an der Sediment-Wasser-Grenze befinden und somit ein Direktkontakt von Lebewesen mit den Belastungen stattfindet oder ob unbelastete Sedimente die belastete Schicht überlagern. Bezüglich der Wahrscheinlichkeit eines Direktkontakts von Mensch und Tier spielt die Lage im Gewässer (Wassertiefe, Bademöglichkeiten etc.) eine Rolle. Ein weiteres Kriterium ist die hydrogeologische Situation, d.h. die Wechselwirkung zwischen dem Oberflächengewässer und dem Grundwasser (Infiltration, Exfiltration).

Das **Freisetzungspotential der Schadstoffe** in das Oberflächengewässer kann z.B. mittels Eluattests, Messungen der Porenwasserchemie, Aufwirbelungsversuchen oder in situ-Diffusionsversuchen simuliert und die gemessenen Konzentrationen mit den Konzentrationen gemäss Anhang 1 AltIV und ökotoxikologischen Werten verglichen werden (z.B. Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Anhang 2 GSchV, PEC-Werte oder EQS_{Sed}-Werte, soweit verfügbar). Weitere Indikatoren zur Freisetzung von Schadstoffen sind die Wassertiefe (Aufwirbelung durch Wellen, saisonale Aufwärmung führt zu Gasbildung) und die Einlagerungstiefe der belasteten Schicht im Sediment (diffusive Freisetzung von Schadstoffen nimmt mit zunehmender Überlagerung mit unverschmutztem Material ab). Ergänzend ist die Langzeitstabilität des belasteten Standorts (z.B. Risiko einer Rutschung oder Häufigkeit und Erosionskraft eines Hochwassers) oder die direkte Gefährdung von Trinkwasserfassungen zu beurteilen. Die Prozesse und Beurteilungskriterien wurden für Mittellandseen in [8] beschrieben. Die verschiedenen Risiken der Exposition und Freisetzung werden qualitativ (klein, mittel, gross) bewertet. Beispiele dazu liefert Tabelle 5.2.

Tabelle 5.2:
Kriterien von qualitativer Gefährdungseinschätzung für ausgewählte Indikatoren gemäss [8].

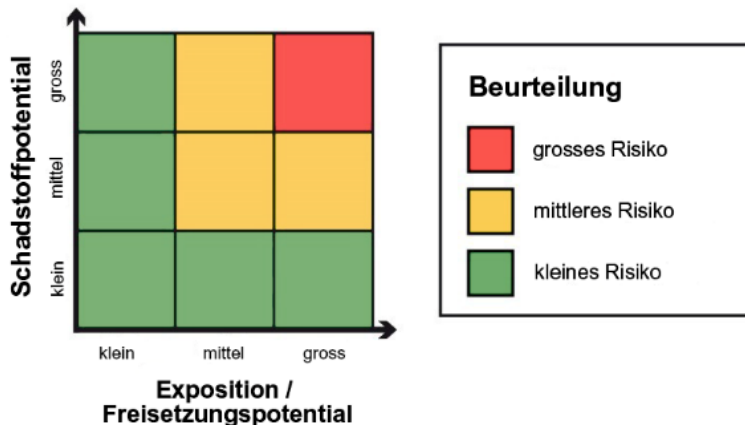
Risiko / Bewertung	Indikator	klein	mittel	gross
Risiko durch Aufwirbelung Freisetzung abhängig von Wassertiefe (Mobilisierbarkeit)	Wassertiefe	> 20 m Risiko der Aufwirbelung z.B. durch Wellen oder durch thermische Prozesse klein	5–20 m Risiko der Aufwirbelung z.B. durch Wellen oder durch thermische Prozesse mittel	< 5 m Risiko der Aufwirbelung z.B. durch Wellen oder durch thermische Prozesse gross
Risiko durch Diffusion Einlagerungstiefe bzw. Überdeckung mit unbelastetem Sediment (Exposition)	Einlagerungstiefe im Sediment	> 30 cm Freisetzungsrates durch Diffusion klein, Risiko für Eintrag in die Nahrungskette/ Ökosystem klein	10–30 cm Freisetzungsrates durch Diffusion erhöht, Risiko für Eintrag in die Nahrungskette/ Ökosystem mittel	< 10 cm Schadstoffe in Direktkontakt mit Ökosystem, Risiko für Eintrag in die Nahrungskette/ Ökosystem gross
Risiko durch Direktkontakt (human) Abhängig von Wassertiefe	Wassertiefe	> 2 m (schwimmen); Risiko Direktkontakt und Schadstoffaufnahme klein	0.5–2 m (schwimmen, gehen, tauchen); Risiko Direktkontakt und Schadstoffaufnahme mittel	< 0.5 m (Badespielplatz); Risiko Direktkontakt und Schadstoffaufnahme (insb. durch Kleinkinder) gross

Badeplätze

Bei Badeplätzen ist auch der direkte Kontakt des Menschen mit den möglichen Schadstoffen zu beurteilen. In erster Näherung kann davon ausgegangen werden, dass beim Baden hauptsächlich Seewasser aber kein Sediment verschluckt wird. In den allermeisten Fällen ist davon auszugehen, dass das Verschlucken von belastetem Sediment beim Spielen im ufernahen Bereich das grösste Risiko einer Schadstoffaufnahme darstellt. Aufgrund ihres Spielverhaltens (Verschlucken von Sediment durch zahlreiche Hand-Mund-Kontakte, direkter Hautkontakt durch Spielen im Sediment) sind Kleinkinder stärker exponiert als ältere Kinder und Erwachsene. Sedimentbelastungen in Gewässern an Standorten mit einer Wassertiefe < 0.5 m, die als Badespielplätze genutzt werden können, sind deshalb bei hohen Schadstoffgehalten vertieft zu untersuchen. Zur Beurteilung des Sanierungsbedarfs können grundsätzlich die Werte gemäss Anhang 3 Ziff. 2 AltIV (direkte Bodenaufnahme durch Kinder) herangezogen werden. Eine **humantoxikologische Beurteilung** ist nur dann durchzuführen, wenn die konkrete Gefahr einer direkten Aufnahme durch Kleinkinder besteht. Für die Beurteilung einer humantoxikologischen Gefährdung sind falls nötig entsprechende Fachpersonen beizuziehen.

Das Risiko für die Schutzgüter/Schutzziele kann in einer Risikomatrix mit einem Ampelsystem dargestellt werden, in welcher das Kriterium Schadstoffpotential dem Kriterium Exposition/Freisetzungspotential gegenübergestellt wird (vgl. Abb. 14).

Abbildung 14:
Risikomatrix Schadstoffpotential vs. Exposition/Freisetzungspotential.



Die altlastenrechtliche Beurteilung, ob beim belasteten Standort ein Sanierungsbedarf vorliegt, erfolgt gestützt auf diese Risikomatrix sowie gemäss Art. 10 Abs. 2 Bst. a und b AltIV. Kein Handlungsbedarf ergibt sich bei den grün eingestuften Risiken (z.B. auch bei grossem Schadstoffpotential bei genügend grosser Einlagerungstiefe im Sediment, so dass das Freisetzungspotential klein bleibt).

Oberflächengewässer stellen ein dynamisches System dar, bei dem sich die Schadstoffkonzentration durch Veränderung der Wassertiefe, der Wassertemperatur und dem pH-Wert verändern kann. In jenen Fällen, bei denen das Schadstoffpotential mittel bis gross und die Exposition mittel bzw. die Exposition gross und das Schadstoffpotential mittel ist (orange in Risikomatrix), ist deshalb mittels des Risikos einer Schadstofffreisetzung (Freisetzungspotential) ein Handlungsbedarf abzuwägen. Die Einlagerungstiefe von Schadstoffen im Sediment und deren Mobilisierbarkeit ins überstehende Wasser kann z.B. bei Aufwirbelung massgebend beeinflusst werden; dies stellt ein zusätzliches Risiko dar.

Ein Handlungsbedarf wird in folgenden Fällen ausgelöst:

- a. Sowohl das Schadstoffpotential als auch die Exposition gegenüber dem Schadstoff ist gross (rot in Risikomatrix: grosses Risiko der Gefährdung der Schutzziele Mensch und/oder aquatische Umwelt).
- b. In Fällen mit mittlerem Risiko (orange in Risikomatrix) ist mittels des Risikos einer Schadstofffreisetzung (Freisetzungspotential) ein Handlungsbedarf abzuwägen. Im Fall von hohen Schadstoffkonzentrationen oder stark toxischer Stoffe und mittlerer Exposition (z.B. in 10–30 cm Sedimenttiefe) kann ein hohes Risiko der Freisetzung (z.B. wegen geringer Wassertiefe, Aufwirbelungsrisiko) den Ausschlag zum Sanierungsbedarf ergeben.
- c. Ein Handlungsbedarf kann sich im Einzelfall auch ergeben, wenn aufgrund der Lage (Rutschungsanfälligkeit, Nähe zu Trinkwasserfassungen) eine konkrete Gefahr für eine schädliche oder lästige Einwirkung auf das Gewässer besteht.
- d. Gemäss Art. 10 Abs. 2 Bst. a AltIV ist ein Standort bezüglich der Einwirkung auf ein Oberflächengewässer sanierungsbedürftig, wenn im Wasser, das in ein oberirdisches Gewässer gelangt, die Konzentration von Stoffen, die vom Standort stammen, das 10-fache eines Konzentrationswertes überschreitet. Beurteilt wird die Wasserqualität direkt über der Sedimentoberfläche oder mittels eines Freisetzungsversuchs.

5.4 Sanierungsziel und Dringlichkeit

Stellt die Behörde einen Sanierungsbedarf fest, sind in einer Detailuntersuchung das Sanierungsziel und die Dringlichkeit der Massnahmen zu dokumentieren. Ziel der Sanierung ist gemäss AltIV die Beseitigung der Einwirkungen oder der konkreten Gefahr von Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit geführt haben.

Das heisst z.B., dass aufgrund der Schadstoffkonzentration (z.B. im Porenwasser des Sediments), der noch akzeptable maximale Feststoffwert im Sediment hergeleitet werden kann (analog wie beim Schutzgut Grundwasser).

Ein sanierungsbedürftiger belasteter Standort muss durch die Sanierung nicht in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden. Wird der Sanierungsbedarf behoben, kann der Standort als belasteter Standort, der weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig ist, verbleiben. Die Sanierungsziele hängen folglich direkt von den Kriterien und Resultaten der Gefährdungsabschätzung sowie der Beurteilung des belasteten Standorts im Gewässer ab.

Im Gewässer deponiertes Material, das die Qualitätsanforderungen an **unverschmutztes Aushubmaterial** einhält, muss im Rahmen der Sanierung nicht entfernt werden, da von diesem keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen ausgehen.

5.5 Sanierungsprojekt und Sanierung

Das Sanierungsverfahren hängt einerseits von den Sanierungszielen und andererseits von der Art und der Lage der Belastungen ab. Im Rahmen einer **Variantenstudie** müssen die verschiedenen Sanierungsverfahren hinsichtlich ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses beurteilt werden. Schliesslich ist für die daraus resultierende optimale Sanierungsvariante zu prüfen, ob gemäss Art. 15 AltIV vom Sanierungsziel abgewichen werden muss (siehe Kapitel 2.7).

Wenn die Gefährdungsabschätzung einen Sanierungsbedarf ergibt und verhältnismässige Sanierungsmassnahmen existieren, ist eine Sanierung durchzuführen.

Bei der Evaluation der optimalen Sanierungsvariante sind auch Überlegungen zur Erzielung eines ökologischen Mehrwertes einzubeziehen. Es empfiehlt sich, dabei das Vollzugshilfemodul «Evaluation von Sanierungsvarianten» (BAFU, 2014) zu befolgen. In den meisten Fällen ist die Dekontamination durch Entfernen der belasteten Schichten durchzuführen (z.B. durch Ausbaggern oder Absaugen). Als Sofortmassnahmen sind ergänzend Nutzungsänderungen oder Nutzungseinschränkungen (z.B. Badeverbot, Ankerverbot, Fischfangverbot etc.) fallbezogen zu prüfen. Eine Überdeckung (im Sinne einer Sicherung der belasteten Sedimente durch «aktives» Überschütten) ist nicht zulässig. Eine «passive Überdeckung» (natürliche Sedimentation) ist in Spezialfällen möglich, jedoch nur nach einer detaillierten Gefährdungsabschätzung. Insbesondere ist dabei aufzuzeigen, dass keine Gefahr durch Remobilisierung besteht (z.B. Munitionsversenkungen im Thunersee [11]).

Die Planung eines Sanierungsprojekts in einem Gewässer ist sehr anspruchsvoll und in den meisten Fällen nur in einem interdisziplinären Team von Fachleuten möglich (Altlasten, Gewässerökologie, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Wasserbau etc.).

Durch eine Sanierung im Gewässer können Schadstoffe freigesetzt werden. Bei der Festlegung von Sanierungszielen und der Planung von Sanierungsmassnahmen ist das Verhältnis zwischen dem Nutzen der Massnahme und der dadurch verursachten Schadstofffreisetzung abzuwägen. In diesem Zusammenhang sei vor allem auch auf Art. 18 AltIV verwiesen. Teil der Sanierung ist auch die VVEA-konforme Entsorgung der bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort. Betreffend VASA-Abgeltungen wird auf das Kapitel 6.4 verwiesen.

6 VASA-Abgeltungen

6.1 Anforderungen und Verfahren für VASA-Abgeltungen

Die wesentlichen Grundsätze betreffend das einzuhaltende Verfahren zur Inanspruchnahme von VASA-Abgeltungen und zur Bestimmung der anrechenbaren Kosten sind in der Mitteilung des BAFU «Abgeltung bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten» ([5]) festgehalten.

Damit Massnahmen gemäss der Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA, SR 814.681) abgegolten werden können, müssen sie folgende Grundsätze kumulativ erfüllen:

1. Sie müssen altlastenrechtlich notwendig sein;
2. sie müssen rechtskonform ausgeführt werden sowie wirtschaftlich und umweltverträglich sein und dem Stand der Technik entsprechen; und
3. sie müssen den Prinzipien der Verhältnismässigkeit genügen, das heisst:
 - a. geeignet sein, das altlastenrechtlich notwendige Ziel zu erreichen;
 - b. das «mildeste» Mittel sein; und
 - c. hinsichtlich ihrer Zweck-Mittel-Relation angemessen sein.

Im Nachfolgenden soll auf spezifische Aspekte von belasteten Standorten an, über oder in Oberflächengewässern eingegangen werden. Ausserdem sollen die zu beachtenden Punkte bei Bauvorhaben im Zusammenhang mit belasteten Standorten und Oberflächengewässern beleuchtet werden.

6.2 Belastete Standorte an einem Gewässer

Grundsätzlich anrechenbar sind die im Kapitel 3 aufgeführten Massnahmen, sofern diese altlastenrechtlich für den spezifischen Fall notwendig sind und die generellen Abgeltungskriterien von Kapitel 6.1 erfüllen. Im konkreten Fall muss ein Standort von der Vollzugsbehörde als untersuchungs-, überwachungs- oder sanierungsbedürftig klassiert worden sein, damit für die entsprechenden Massnahmen Abgeltungen beansprucht werden können. Ein Sanierungsbedarf nach AltIV darf nicht durch mangelnden standortüblichen Unterhalt ausgelöst worden sein.

Falls das vom belasteten Standort stammende Wasser stark belastet ist (insbesondere mit persistenten Stoffen) und in ein Oberflächengewässer mit einem geringen Verdünnungspotential fliesst, ist es gerechtfertigt, auch die Einwirkungen auf das Gewässer selbst zu untersuchen. Hierzu wird das Oberflächengewässer im unmittelbaren Obstrom und Abstrom des belasteten Standorts untersucht. Die diesbezüglichen Kosten können über die VASA abgegolten werden.

Werden Abfälle in das Gewässer freigesetzt, können auch Untersuchungen der Belastungen im Sediment gerechtfertigt sein und sind daher anrechenbar.

Sanierungen können grundsätzlich durch Dekontaminations- oder Sicherungsmassnahmen erreicht werden. Hierzu gilt es anhand der Vollzugshilfe «Evaluation von Sanierungsvarianten» die optimale Sanierungsvariante zu bestimmen und zu prüfen, ob sie die Voraussetzungen für Abgeltungen zu erfüllen vermag (vgl. Kapitel 6.1). Teil der Sanierung ist auch die VVEA-konforme Entsorgung der bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort. Diese Angaben über die vollständige Materialbewirtschaftung und Entsorgung der angefallenen Abfälle müssen im Schlussbericht über die Sanierung enthalten sein.

Massnahmen zum Betrieb, Unterhalt und Rückbau von Anlagen und Einrichtungen zur langfristigen Verhinderung und Überwachung der Ausbreitung umweltgefährdender Stoffe gemäss Art 13 Bst. d VASA (wie z.B. zur Sickerwasserbehandlung) müssen insgesamt den Anforderungen gemäss Kapitel 6.1 genügen. VASA-Abgeltungen an solche Massnahmen sind zeitlich begrenzt anrechenbar (maximal rund zwei Generationen ab 1998).

6.3 Belastete Standorte über einem Gewässer

Grundsätzlich anrechenbar sind die im Kapitel 4 aufgeführten Massnahmen, sofern diese für den spezifischen Fall altlastenrechtlich notwendig sind und die generellen Abgeltungskriterien von Kapitel 6.1 erfüllen. Im Konkreten muss ein Standort von der Vollzugsbehörde als untersuchungs-, überwachungs- oder sanierungsbedürftig klassiert worden sein, damit für die entsprechenden Massnahmen Abgeltungen beansprucht werden können. Ein Sanierungsbedarf nach AltIV darf nicht durch mangelnden standortüblichen Unterhalt (insbesondere mangelndes Freihalten/Reinigen der Dolung) ausgelöst worden sein.

Falls das vom belasteten Standort stammende Wasser stark belastet ist (insbesondere mit persistenten Stoffen) und in ein Oberflächengewässer mit einem geringen Verdünnungspotential fliesst, ist es gerechtfertigt, auch die Einwirkungen auf das Gewässer selbst zu untersuchen. Hierzu wird das Oberflächengewässer im unmittelbaren Obstrom und Abstrom des belasteten Standorts untersucht. Die diesbezüglichen Kosten können über die VASA abgegolten werden.

Sanierungsmassnahmen – insbesondere durch die Sicherung der bestehenden Eindolungen oder die Erstellung neuer Eindolungen – sind nur zulässig, wenn diese die gewässerschutzrechtlichen Anforderungen einhalten (vgl. Kapitel 4.5). Im Rahmen der Baubewilligung ist demnach auch die entsprechende Bewilligung der kantonalen Gewässerbehörde einzuholen und im Rahmen des VASA-Verfahrens dem BAFU einzureichen.

Teil der Sanierung ist auch die VVEA-konforme Entsorgung der bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort. Diese Angaben über die vollständige Materialbewirtschaftung und Entsorgung der angefallenen Abfälle müssen im Schlussbericht über die Sanierung enthalten sein.

Massnahmen zum Betrieb, Unterhalt und Rückbau von Anlagen und Einrichtungen zur langfristigen Verhinderung und Überwachung der Ausbreitung umweltgefährdender Stoffe gemäss Art. 13 Bst. d VASA (wie z.B. zur Sickerwasserbehandlung) müssen insgesamt den Anforderungen gemäss Kapitel 6.1 genügen. VASA-Abgeltungen an solche Massnahmen sind zeitlich begrenzt anrechenbar (maximal rund zwei Generationen ab 1998).

6.4 Belastete Standorte in einem Gewässer

Grundsätzlich anrechenbar sind die im Kapitel 5 aufgeführten Massnahmen, sofern diese für den spezifischen Fall altlastenrechtlich notwendig sind und die generellen Abgeltungskriterien von Kapitel 6.1 erfüllen. Im Konkreten muss ein Standort von der Vollzugsbehörde als untersuchungs-, überwachungs- oder sanierungsbedürftig klassiert worden sein, damit für die entsprechenden Massnahmen Abgeltungen beansprucht werden können.

Die Massnahmen bei belasteten Sedimenten sind nur gemäss VASA anrechenbar, wenn diese Teil eines belasteten Standorts gemäss AltIV sind (vgl. hierzu Kapitel 2.4.1).

Sofern notwendig, sind nebst den Untersuchungen der Abfälle und der belasteten Sedimente auch solche zur Gefährdungsabschätzung anrechenbar (z.B. ökotoxikologische Untersuchungen).

Es sind nur Sanierungsmassnahmen zulässig, die aufgrund der Gewässerschutzgesetzgebung erlaubt sind (vgl. Kapitel 5.4). Eine aktive Überschüttung eines belasteten Standorts in einem Gewässer ist demnach nicht zulässig und die diesbezüglichen Kosten nicht anrechenbar. Teil der Sanierung ist auch die VVEA-konforme Entsorgung der bei der Sanierung anfallenden Abfälle bis zu ihrem definitiven Bestimmungsort. Diese Angaben über die vollständige Materialbewirtschaftung und Entsorgung der angefallenen Abfälle müssen im Schlussbericht über die Sanierung enthalten sein.

6.5 Bauvorhaben

Für allgemeine Bauprojekte aber auch für Wasserbauprojekte (wie Hochwasserschutz- und Revitalisierungsmassnahmen) im Zusammenhang mit belasteten Standorten gilt es, die BAFU-Vollzugshilfe «Bauvorhaben und belastete Standorte» [2] zu berücksichtigen.

Die Beurteilung von altlastenrechtlich notwendigen Massnahmen stützt sich immer auf den aktuellen Zustand bzw. auf einen sich mittelfristig durch natürliche Prozesse ergebenden Zustand. Untersuchungsbedürftige Standorte müssen zur Beurteilung gemäss Art. 3 AltIV vor dem Bauvorhaben untersucht werden. Falls der Standort nicht untersuchungsbedürftig ist, muss im Rahmen einer baubedingten Gefährdungsabschätzung beurteilt werden, ob der Standort durch das Bauvorhaben sanierungsbedürftig werden könnte. Auch sind die zwecks Untersuchung, Überwachung und Sanierung notwendigen Massnahmen am aktuellen Zustand zu bemessen. Darüber hinaus gehende Massnahmen gelten als «baubedingt» und sind nicht anrechenbar.

Die altlastenrechtlich notwendigen Untersuchungen, Überwachungen oder Sanierungen sind VASA-anrechenbar, sofern alle Abgeltungsvoraussetzungen (vgl. Kapitel 2 der BAFU-Mitteilung «Abgeltung bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten» [5]) erfüllt sind.

Ein sich neu ergebender Zustand durch Veränderungen infolge wasserbaulicher Projekte wie z.B. Hochwasserschutzmassnahmen und Revitalisierungen ist ein Anwendungsfall von Art. 3 Bst. a AltIV, wonach belastete (aber nicht sanierungsbedürftige) Standorte durch die Erstellung von Bauten und Anlagen nicht sanierungsbedürftig werden dürfen. Darunter fallen z.B. auch belastete Standorte, welche sich im näheren oder fernerem Umfeld des Wasserbauprojekts befinden und durch einen projektbedingten Anstieg des Grundwasserspiegels sanierungsbedürftig werden könnten. Das Bundesgericht hat entschieden, dass Kosten,

die durch ein Bauvorhaben auf einem belasteten, aber nicht sanierungsbedürftigen Standort anfallen, keine Sanierungskosten im Sinne von Art. 32e Abs. 3 USG sind und daher keine Abgeltungen aus dem VASA-Fonds beansprucht werden können (vgl. z.B. BGE 1C_366/2015 Deponie «Dreieckswäldli»).

Ist ein Standort hingegen bereits sanierungsbedürftig nach AltIV, darf das Projekt nur realisiert werden, wenn die spätere Sanierung durch das Vorhaben nicht wesentlich erschwert wird, oder der Standort – soweit er durch das Vorhaben verändert wird – gleichzeitig mit dem Vorhaben saniert wird (Art. 3 Bst. b AltIV). Da im vornherein ein Sanierungsbedarf bestand, handelt es sich hierbei um Sanierungsmassnahmen gemäss Altlastenrecht, welche im Grundsatz nach VASA abgeltungsberechtigt sind. Zur Bestimmung der anrechenbaren Kosten gilt es, die Altlastensanierungs- von den Bauprojektkosten zu unterscheiden.

6.6 VASA-Abgeltungen bei kombinierten Projekten

Oft können bei Projekten an Oberflächengewässern Synergien genutzt werden und Altlastensanierungen mit anderen Massnahmen kombiniert werden, so z.B. zum Hochwasserschutz, zur Gewässerrevitalisierung oder zum Schutz von Tier- und Pflanzenarten. Bei solchen kombinierten Projekten sind auf Bundesebene nebst Abgeltungen an die altlastenrechtlichen Massnahmen gemäss VASA oft auch weitere Bundessubventionen möglich (insbesondere gemäss Wasserbaugesetz, dem Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) oder dem Bundesgesetz über die Fischerei (BGF). Dabei ist wesentlich, dass es auf Bundesebene zu **keiner Doppelsubventionierung derselben Massnahmen** kommt.

Der Kanton muss die verschiedenen abgeltungsberechtigten Kosten daher auseinanderhalten. Es gilt dabei wie immer der Grundsatz, dass über die VASA nur die altlastenrechtlich notwendigen Massnahmen abgerechnet werden können. Das heisst insbesondere nur jene Kosten, welche gemäss der Variantenstudie als optimale Sanierungsvariante nach AltIV anfallen.

Die Kostenaufteilung zwischen den VASA-Abgeltungen und anderen Bundessubventionen kann pragmatisch erfolgen. Zum Beispiel können bei einem kombinierten Projekt bestehend aus der Totaldekontamination einer sanierungsbedürftigen Deponie an einem Gewässer und einem Hochwasserschutzprojekt die Kosten für Aushub, Triage und Entsorgung des *belasteten* Materials der VASA zugerechnet werden und die entsprechende Bewirtschaftung des *unbelasteten* Materials dem Hochwasserschutzprojekt.

Je nach Situation ist es in gewissen Fällen auch möglich, dass sich die VASA an weiteren Kosten beteiligt, welche durch eine Sanierung notwendig werden und bundesrechtlich vorgeschrieben sind (z.B. durch die Sanierung notwendige Ersatzmassnahmen in Biotopen von nationaler Bedeutung). Dies muss jeweils frühzeitig, also vor Beginn der Umsetzung der Massnahmen, mit der Altlastenfachstelle des BAFU abgeklärt werden.

Die jeweiligen Verfahren, Abgeltungsschritte und Kriterien bleiben für die verschiedenen Subventionsbereiche nebeneinander gültig und müssen unabhängig voneinander eingehalten werden. Für VASA-Abgeltungen von Sanierungen innerhalb eines kombinierten Projekts gelten die üblichen Vorgaben gemäss der BAFU-Mitteilung «Abgeltung bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten» [5]. Darüber hinaus muss der Kanton bestätigen, dass an die durch die VASA abzugeltenden Kosten nicht bereits anderweitig Bundessubventionen geleistet wurden oder noch werden.

Organisation und Zuständigkeiten bei solchen kombinierten Projekten sind von Kanton zu Kanton unterschiedlich. Wichtig ist, dass zwischen allen betroffenen kantonalen Fachbereichen eine frühzeitige Koordination (allenfalls unter Einbezug des BAFU) erfolgt. Bevor der Kanton für die entsprechenden Bundessubventionen ans BAFU gelangt, sollten allfällige fachlichen Differenzen zwischen den betroffenen kantonalen Fachbereichen bereinigt sein.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1

Fälle von belasteten Standorten mit Bezug zum Oberflächengewässer..... 15

Abbildung 2

Belastete Standorte im Oberflächengewässer mit zugehörigem landseitigen Standort..... 17

Abbildung 3

Varianten von belasteten Standorten an einem Gewässer. A, B und C: 18

Abbildung 4

Gewässerraum und Überflutungsfläche HQ_{30} 19

Abbildung 5

Belasteter Standort über einem Gewässer..... 20

Abbildung 6

Beurteilung sowie Massnahmen nach Altlasten- und/oder Gewässerschutzrecht bei Belastungen im Gewässer..... 21

Abbildung 7

Unterscheidung von belasteten Gewässersedimenten und belasteten Standorten..... 23

Abbildung 8

Belasteter Standort und Hintergrundbelastung. 24

Abbildung 9

Schema des generellen Ablaufs der Altlastenbearbeitung (blau) im Zusammenspiel mit den Verfahren gemäss SIA, VASA und VVEA. 26

Abbildung 10

Unterscheidung der Schadstofffreisetzung je nach Art der Erosion: 30

Abbildung 11

Probenahmestandorte bei der Untersuchung von belasteten Standorten an einem Gewässer: 32

Abbildung 12

Querschnitt durch eine Deponie mit Eindolung mit den zu beurteilenden Prozessen hinsichtlich der Deponiestabilität: 38

Abbildung 13

Schematischer Schnitt mit unterschiedlicher Lage des belasteten Sediments; die Relevanz der Wassertiefe wird in Kapitel 5.2 erläutert..... 45

Abbildung 14

Risikomatrix Schadstoffpotential vs. Exposition/Freisetzungspotential. 49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1

Unterscheidung der drei Standorttypen gemäss AltIV
bei belasteten Standorten und Oberflächengewässern

..... 16

Tabelle 2.2

«Eigener belasteter Standort» versus «Teil eines
belasteten Standorts»..... 16

Tabelle 5.1

Ausgewählte Beispiele von häufig festgestellten
Schadstoffen in belasteten Sedimenten gemäss [8];

..... 47

Tabelle 5.2

Kriterien von qualitativer Gefährdungseinschätzung
für ausgewählte Indikatoren gemäss [8]..... 48

Literatur und Quellenangabe

- [1] Erstellung des Katasters der belasteten Standorte, BUWAL-Vollzugshilfe, 2001
- [2] Bauvorhaben und belastete Standorte, BAFU-Vollzugshilfe, 2016
- [3] Sanierungsbedarf sowie Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung, BAFU-Vollzugshilfe, 2018
- [4] Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich, BAFU-Vollzugshilfe, 2017
- [5] Abgeltung bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten, VASA-Mitteilung, 2016
- [6] «Verhältnismässigkeit bei Altlastensanierungen mit VASA-Abgeltungen» (Arbeitstitel) VASA-Mitteilung des BAFU (2020, in Erarbeitung)
- [7] BPUK, LDK, BAFU, ARE, BLW (Hrsg.) 2019: Gewässerraum. Modulare Arbeitshilfe zur Festlegung und Nutzung des Gewässerraums in der Schweiz, 2019
- [8] Gefährdungsabschätzung und Beurteilung von belasteten Standorten in Seen, AWEL, Eawag, SCAHT und Dr. von Moos AG, Oktober 2016
- [9] Methoden zur Untersuchung von belasteten Standorten in Seen, AWEL und Dr. von Moos AG, Oktober 2016
- [10] Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, D. D. MacDonald, C. G. Ingersoll, T. A. Berger, 2000
- [11] Militärische Munitionsversenkungen in Schweizer Seen – Explosivstoffmonitoring 2012–2016. VBS 2017 (<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/48816.pdf>)