

# > Altlastenbearbeitung auf Kurs

*Stand der Untersuchung, Überwachung und Sanierung*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

---

## Impressum

### Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

### Autor

Beat Jordi, Biel

### Begleitung BAFU

Christoph Reusser, Reto Tietz, Christiane Wermeille  
(alle Sektion Altlasten); Hannah Scheuthle (Sektion Umweltbeobachtung);  
Robert Stark (Abteilung Kommunikation)

Das BAFU dankt den an dieser Publikation beteiligten Kantonen und Bundesstellen für die gute Zusammenarbeit.

### Zitierung

Jordi B. 2015: Altlastenbearbeitung auf Kurs. Stand der Untersuchung, Überwachung und Sanierung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1516: 52 S.

### Lektorat

Jacqueline Dougoud, Zürich

### Gestaltung

Magma – die Markengestalter, Bern

### Titelfoto

Die teuerste Altlast der Schweiz: Tragkonstruktion der Sanierungshalle in Kölliken (AG).

### Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern

Tel. +41 58 465 50 50

verkauf.zivil@bbl.admin.ch

Bestellnummer: 810.200.018d

[www.bafu.admin.ch/uz-1516-d](http://www.bafu.admin.ch/uz-1516-d)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier.

# > Inhalt

<b>Abstracts</b>	<b>4</b>	<b>Stand der Altlastensanierung</b>	<b>30</b>
<b>Vorwort</b>	<b>5</b>	Fallbeispiele:	
<hr/>		Totalsanierung einer Sondermülldeponie in Monthey (VS)	33
<b>Belastete Standorte im Überblick</b>	<b>6</b>	Sicherung der Kehrichtdeponie Baarburg (ZG)	34
<hr/>		In situ-Sanierung einer CKW-Altlast in Zuchwil (SO)	36
<b>Gefährdung der Schutzgüter</b>	<b>9</b>	<hr/>	
Fallbeispiele:		<b>Umnutzung von belasteten Industriebrachen</b>	<b>37</b>
Grundwasser: Betriebsstandort in Carouge (GE)	12	Fallbeispiele:	
Oberflächengewässer: Siedlungsabfalldeponie in Schmerikon (SG)	13	Sanierung eines Gaswerkareals in Delsberg (JU)	39
Bodenqualität: Ablagerungsstandort in Zürich-Hard (ZH)	14	Sanierung einer ehemaligen Tankstelle in Baden (AG)	40
<hr/>		<hr/>	
<b>Auswertung der Katasterdaten</b>	<b>15</b>	<b>Finanzierung der Altlastensanierung</b>	<b>41</b>
<hr/>		Fallbeispiele:	
<b>Ablauf der Altlastenbearbeitung</b>	<b>18</b>	Untersuchung eines ehemaligen Galvanikbetriebs in Allschwil (BL)	44
Fallbeispiele:		Voruntersuchung eines nicht belasteten Betriebsstandorts in Kölliken (AG)	45
Untersuchung einer 300-Meter-Schiessanlage in Düdingen (FR)	21	Untersuchung eines Betriebsstandorts im Kanton Basel-Landschaft	46
Untersuchung eines Betriebsstandorts in Münchwilen (TG)	22	<hr/>	
Untersuchung eines Unfallstandorts in Bern (BE)	23	<b>Rechtliche Grundlagen</b>	<b>48</b>
<hr/>		<hr/>	
<b>Ziele der Altlastensanierung</b>	<b>24</b>	<b>Literatur</b>	<b>49</b>
Fallbeispiele:			
Sanierung einer Karsthöhle in La Brévine (NE)	26		
Sanierung einer 300-Meter-Schiessanlage in Zuzwil (SG)	27		
Sanierung eines Betriebsstandorts in Waldenburg (BL)	28		
Sanierung der Deponiealtlast Prà Dadora in Tschlin (GR)	29		

## > Abstracts

One of the biggest environmental protection tasks in our country is the post-closure care of contaminated sites. There are around 38'000 polluted sites in Switzerland, according to data collected by cantonal and federal authorities. Surveys suggest that approximately 4000 of these polluted sites present a possible threat to the relevant natural resources (so called contaminated sites). If waste in the soil or the sub-surface threatens ground water, surface water, soil quality or indoor air, remedial measures are required.

**Keywords:**

**Polluted sites, Contaminated sites,  
Natural resources, OCRCS Fund**

Die Altlastenbearbeitung ist hierzulande eine der grössten Nachsorgeaufgaben im Bereich des Umweltschutzes. Gestützt auf die systematische Erfassung durch die Fachstellen sämtlicher Kantone und des Bundes gibt es schweizweit rund 38 000 belastete Standorte. Aufgrund der bisherigen Erhebungen ist insgesamt mit ungefähr 4000 Altlasten zu rechnen, von denen eine mögliche Gefahr für die relevanten Schutzgüter ausgeht. Wenn Abfälle im Boden und im Untergrund das Grundwasser, Oberflächengewässer, die Bodenqualität oder die Raumluft bedrohen, drängen sich Sanierungen auf.

**Stichwörter:**

**Belastete Standorte, Altlasten,  
Schutzgüter, VASA-Fonds**

Le traitement des sites pollués est l'une des tâches principales de réparation qui incombent à la Suisse dans le domaine de la protection de l'environnement. Le recensement systématique réalisé par les services cantonaux et fédéraux compétents a révélé l'existence de quelque 38 000 sites pollués sur le territoire helvétique. D'après les études achevées à ce jour, il y aurait environ 4000 sites contaminés susceptibles de menacer les milieux à protéger. Ils doivent être assainis lorsque des déchets présents dans le sol ou dans le sous-sol mettent en danger des eaux souterraines, des eaux de surface, le sol ou l'air ambiant.

**Mots-clés :**

**sites pollués, sites contaminés,  
milieux à protéger, fonds OTAS**

La gestione dei siti contaminati costituisce uno dei principali compiti che la Svizzera deve realizzare nell'ambito della protezione dell'ambiente. Dal rilevamento sistematico effettuato dai servizi cantonali e federali competenti si evince che sul territorio nazionale vi sono circa 38 000 siti inquinati. Gli studi svolti finora stimano a circa 4000 i siti contaminati che possono causare minacce per i principali beni da proteggere. Quando dei rifiuti presenti nel suolo e nel sottosuolo mettono in pericolo le acque sotterranee, quelle superficiali, la qualità del suolo o l'aria ambiente, si rende necessario un risanamento urgente dei siti in questione.

**Parole chiave:**

**siti inquinati, siti contaminati,  
beni da proteggere, fondo OTaRSI**

## > Rund 1000 Altlasten sind bereits saniert

Ein während Jahrzehnten sorgloser Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen und Abfällen hat praktisch überall im Land seine giftigen Spuren hinterlassen. Als Folge dieses nachlässigen Umweltverhaltens gibt es in der Schweiz heute rund 38 000 belastete Standorte, von denen schätzungsweise gut 10 Prozent ein potenzielles Risiko für Mensch und Umwelt darstellen. Bundesrat und Parlament haben sich zum Ziel gesetzt, die von solchen Altlasten ausgehenden Gefahren innerhalb von ein bis zwei Generationen zu entschärfen.

Die Sanierung der Altlasten erfolgt nach deren Dringlichkeit und dauert voraussichtlich noch bis zum Jahr 2040. Das BAFU orientiert sich dabei an konkreten Zielen zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie am Ausmass der Gefährdung, dem die Umweltgüter Wasser, Boden und Luft ausgesetzt sind. Vor allem im Mittelland stellen uns die dichte Besiedelung und die intensive industrielle Nutzung der zahlreichen Flussebenen vor besondere Herausforderungen. Denn aufgrund der engen Platzverhältnisse finden sich hier zahlreiche Belastungen durch Industriestandorte und ehemalige Deponien in unmittelbarer Nähe von empfindlichen Nutzungen.

Das Abtragen dieser von früheren Generationen – mehrheitlich zwischen 1950 und 1980 – aufgenommenen Umwelthypothek kommt uns auf schätzungsweise 5 Milliarden Franken zu stehen. Mit der Altlasten-Verordnung von 1998 hat der Bundesrat die erforderliche Rechtssicherheit geschaffen, damit die aufwendigen Untersuchungen und Sanierungen überall im Land nach möglichst einheitlichen Kriterien erfolgen können. Dadurch lässt sich auch sicherstellen, dass langfristig keine unzulässigen Mengen an Schadstoffen aus heute noch belasteten Arealen in die Umwelt gelangen.

Gut 15 Jahre nach Beginn der Altlastenbearbeitung ist die Erfassung und Kategorisierung der belasteten Standorte weitgehend abgeschlossen, und beinahe 1000 Altlasten sind bereits saniert. Eine besondere Anerkennung gebührt dabei den kantonalen Fachstellen sowie den für ihren Bereich zuständigen Bundesstellen BAV, VBS, BAZL und ASTRA. Sie setzen sich mit viel technischem Know-how und Engagement für einen effizienten und pragmatischen Vollzug der Altlasten-Verordnung ein. Die bisherigen Erfahrungen zeigen auch, dass unser Land bei der Bewältigung dieses gravierenden Umweltproblems auf dem richtigen Weg ist.



Gérard Poffet  
Vizedirektor (BAFU)

38 000 belastete Standorte im Überblick

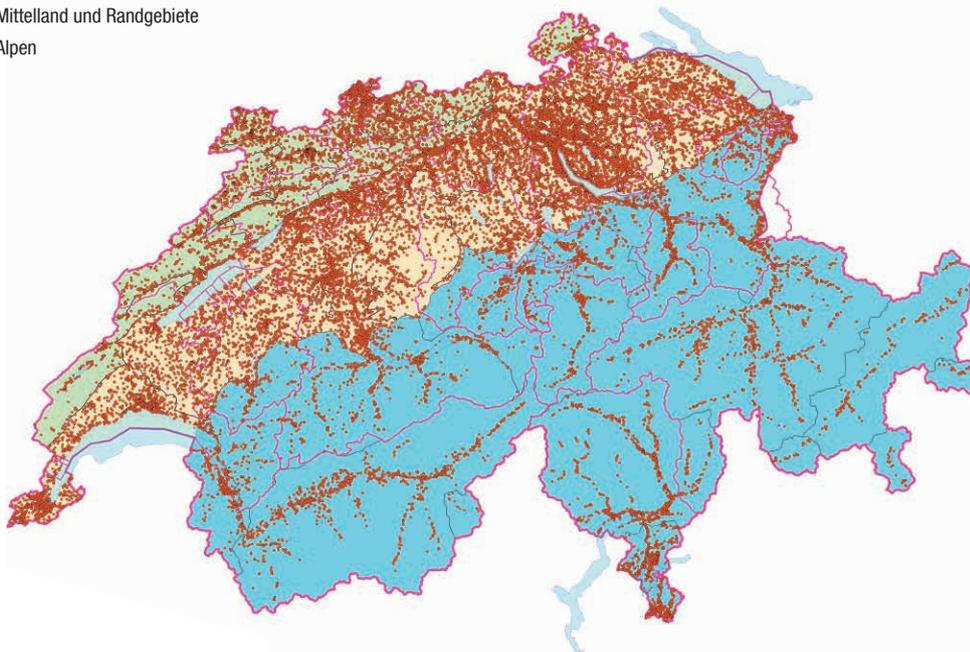
## > Die Umweltsünden der Vergangenheit

*Tausende von ehemaligen Betriebsarealen und Ablagerungsstandorten in der Schweiz sind mit potenziell umweltgefährdenden Stoffen belastet. Am stärksten ist das dicht besiedelte Mittelland betroffen.*

Fast zwei Drittel der insgesamt 38 000 belasteten Standorte liegen im dicht besiedelten und industriell intensiv genutzten Mittelland sowie in seinen Randgebieten. Dieses Ergebnis resultiert aus einer Auswertung des BAFU für die ganze Schweiz. Es basiert auf den Katasterdaten aller 26 Kantone sowie von drei Bundesstellen. So sind das Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS), das Bundesamt für Verkehr (BAV), das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und neu auch das Bundesamt für Strassen (ASTRA) in ihrem Verantwortungsbereich für die Altlastenbearbeitung

zuständig. Etwa anderthalb Jahrzehnte nach Beginn der entsprechenden Abklärungen fällt die Bilanz damit etwas besser aus als ursprünglich angenommen. Ein Hauptgrund dafür ist, dass sich die vermuteten Belastungen bei einigen tausend Verdachtsflächen nicht bestätigt haben.

■ Jura  
■ Mittelland und Randgebiete  
■ Alpen



**Abb. 1** Im Mittelland entfallen auf 1 Quadratkilometer durchschnittlich 1,9 belastete Standorte, im Jura sind es 1,2 und im Alpenraum lediglich 0,3. Die regionale Verteilung widerspiegelt die Besiedelungsdichte und die unterschiedliche Intensität der wirtschaftlichen Aktivitäten. Jeder Punkt entspricht einem belasteten Standort (nicht flächengetreu).

## Fahrlässiger Umgang mit Schadstoffen

Die Ursachen der bestehenden Umweltbeeinträchtigungen durch Altlasten sind vor allem im vergangenen Jahrhundert zu suchen. Als Hauptgrund gilt die fehlende Vorsorge beim Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen und problematischen Abfällen. Deren Beseitigung musste früher in erster Linie möglichst einfach erfolgen. Ungeachtet ihres Schad-

stoffpotenzials und der möglichen Bedrohung von Schutzgütern entsorgte man Rückstände aus Haushalten sowie aus Gewerbe- und Industriebetrieben oft in unmittelbarer Nähe ihrer Entstehung oder direkt vor Ort wie etwa auf dem Firmenareal. Davon zeugen fast 15 000 ehemalige Deponien und 18 600 belastete Betriebsstandorte. Auch Jahrzehnte nach der oft sorglosen Behandlung, Lagerung und Entsorgung der häufig biologisch schwer abbaubaren Substanzen finden sich im

### Die Standorttypen im Überblick



**Abb.2** 14 900 bekannte Ablagerungsstandorte belegen eine geschätzte Gesamtfläche von 150 km<sup>2</sup>.



**Abb.3** Die Ausdehnung der gut 500 belasteten Unfallstandorte beträgt nur etwa 1 km<sup>2</sup> (Symbolbild).



**Abb.4** Die 18 600 belasteten Betriebsstandorte machen eine Fläche von schätzungsweise 60 km<sup>2</sup> aus.



**Abb.5** Die 3 900 im Kataster erfassten Schiessanlagen gelten ebenfalls als Betriebsstandorte. Ihre belastete Fläche umfasst etwa 20 km<sup>2</sup>. Dabei handelt es sich vor allem um die Kugelfänge.

Boden und Untergrund giftige Rückstände, die zum Beispiel nutzbare Grundwasservorkommen oder Oberflächengewässer verunreinigen.

### Vergleich mit dem Ausland

Trotz der bestehenden Umweltbeeinträchtigungen kann sich die Schweiz im westeuropäischen Vergleich relativ glücklich schätzen. So hat etwa der Mangel an nicht erneuerbaren Rohstoffen – wie Metallerzen, Kohle oder Erdöl – unsere Böden und den Untergrund weitgehend vor grossflächigen Verunreinigungen durch stark umweltbelastende Branchen bewahrt. Bergbau, Schwerindustrie oder Petrochemie mit ihren enormen Emissionen spielten hierzulande keine entscheidende Rolle. Weil das Land zudem von beiden Weltkriegen verschont blieb, gibt es bei uns auch keine Kriegsalastlasten. Bedingt durch die engen Raumverhältnisse im Mittelland, setzten insbesondere die grösseren Städte überdies schon früh auf Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts begannen sie, organische Siedlungsabfälle industriell zu verfeuern, statt diese wie früher unbehandelt abzulagern oder auf offenen Deponien in Brand zu stecken. Die gesetzliche Pflicht zur weiter gehenden Reinigung der Rauchgase hat später dafür gesorgt, dass die KVA etwa seit Mitte der 1980er-Jahre keine bedeutende Quelle für Luftschadstoffe und Bodenbelastungen mehr darstellen.

Andererseits bringt die Topografie der Schweiz – vor allem für das Schutzgut Wasser – auch landestypische Nachteile mit sich. Die grossen Höhenunterschiede auf engem Raum und die für westeuropäische Verhältnisse vergleichsweise hohen Niederschlagsmengen führen zu ergiebigen Wasserabflüssen und einem entsprechend dichten Gewässernetz. Geht es um den Schutz dieser Ressourcen, stellt die starke Konzentration der Siedlungen und wirtschaftlichen Aktivitäten auf die Flussebenen im Mittelland, im Jura sowie in den grossen Alpentälern eine besondere Herausforderung dar. Denn ausgerechnet hier gibt es auch am meisten belastete Standorte. Durch das dichte Netz an Bächen und Flüssen, die häufig im Austausch mit Grundwasservorkommen stehen, droht zudem eine Verlagerung toxischer Substanzen. Aufgrund des Wasserreichtums ist die Trinkwasserversorgung hierzulande sehr kleinräumig aufgebaut. Als Folge der Häufung von Grundwasserfassungen in den Siedlungsgebieten besteht vielerorts ein potenzielles Risiko für die Verunreinigung dieser wichtigen Ressource durch ausgeschwemmte Schadstoffe, die aus belasteten Standorten stammen.

Anteile der Standorttypen

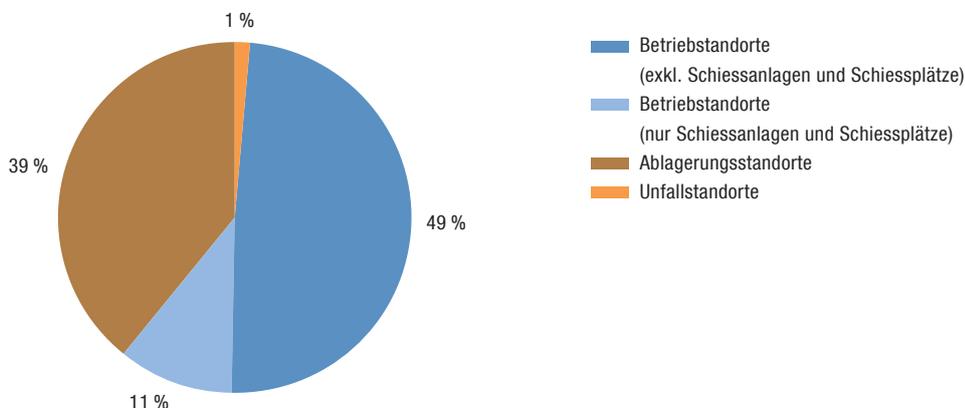


Abb. 6 Die Betriebsstandorte (inklusive Schiessanlagen und Schiessplätze) machen weit über die Hälfte aller belasteten Standorte aus.

Potenzielle Gefährdung der Schutzgüter

## > Belastete Standorte gefährden vor allem die Wasservorkommen

*In der Schweiz ist das Schutzgut Grundwasser mit Abstand am häufigsten durch belastete Standorte beeinträchtigt. Über 60 Prozent dieser Flächen liegen in Gewässerschutzbereichen mit nutzbaren oder genutzten Grundwasservorkommen.*

Inwiefern stellen die landesweit 38 000 belasteten Standorte eine Bedrohung für Mensch und Umwelt dar? Um die potenziellen Risiken fundiert und nach einheitlichen Kriterien beurteilen zu können, orientieren sich die Behörden am Ausmass der Gefährdung für die relevanten Schutzgüter. Dazu gehören Grundwasservorkommen und Oberflächengewässer sowie die Qualität des Bodens und der Innenraumluft.

Ob bei verunreinigten Standorten ein Sanierungsbedarf besteht, muss jeweils im Einzelfall eine Voruntersuchung klären. Dabei erfolgt eine differenzierte Bewertung der Risiken, die das Gefährdungspotenzial nach der Toxizität und Menge der vorhandenen Schadstoffe gewichtet, die Wahr-

scheinlichkeit und die Folgen einer Freisetzung abschätzt und diese Hauptkriterien in Beziehung zu den vor Ort exponierten Schutzgütern setzt.

### Schadstoffe im Grundwasser

Mehr als 23 000 Areale – oder 61 Prozent aller belasteten Standorte – befinden sich in Gewässerschutzbereichen mit nutzbaren oder genutzten Grundwasservorkommen. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass die grossen Schotterebenen zwischen Bodensee und Genfersee früher



**Abb. 7** Viele belastete Standorte liegen in der Nähe von nutzbaren oder gar genutzten Grundwasservorkommen.

oft zur Gewinnung von Sand und Kies genutzt wurden. Nicht selten füllte man die Gruben nach ihrer Ausbeutung bis nahe an den Grundwasserspiegel mit Siedlungs- und Industrieabfällen auf.

Wenn die gelösten Schadstoffe im Sickerwasser eines belasteten Standorts die in der Altlasten-Verordnung (AltIV) festgelegten Konzentrationswerte überschreiten oder bereits das Grundwasser verunreinigen, drängt sich eine Überwachung auf. Werden die gemäss der AltIV vorgeschriebenen Grenzwerte für das Grundwasser nicht eingehalten, besteht ein Sanierungsbedarf. Dabei gelten je nach Empfindlichkeit des Schutzguts unterschiedlich strenge Limiten. Zeigen die periodischen Abklärungen, dass von solchen Arealen eine konkrete Gefahr für das Grundwasser ausgeht, so besteht ebenfalls eine Sanierungspflicht. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn wirksame Barrieren oder natürliche Abbauprozesse fehlen, die den Eintritt von unzulässigen Schadstoffmengen ins Schutzgut verhindern.

Heute sind in etwa 900 Fällen sogar die Schutzzonen von Trinkwasserfassungen durch Verschmutzungen des Untergrunds betroffen. Deren Funktion besteht eigentlich darin, das Grundwasser auf seinem letzten Fliessweg zu einer Fassung durch Nutzungsaufgaben vor qualitativen Beeinträchtigungen zu bewahren. Bei Grundwasserfassungen im öffentlichen Interesse toleriert der Gesetzgeber grundsätzlich keine Schadstoffe. Sofern hier Rückstände oder problematische Abbauprodukte nachweisbar sind, gilt ein belasteter Standort als sanierungsbedürftige Altlast.



**Abb. 8** Austritt von belastetem Sickerwasser aus der ehemaligen Deponie Steinweid in Sumiswald (BE).

## Neue Altlasten vermeiden

Anfang 1985 trat in der Schweiz das Umweltschutzgesetz in Kraft. Seither hat der Bund die Vorschriften für den Umgang mit umweltgefährdenden Abfällen, Abwässern und Chemikalien schrittweise verschärft. So sorgen etwa die Verbrennungspflicht für brennbare Rückstände, höhere technische Anforderungen an Deponien und strenge Auflagen für den Verkehr mit gefährlichen Abfällen dafür, dass heute im Regelfall keine belasteten Betriebsstandorte und Deponie-Altlasten mehr entstehen können. Dank solchen vorsorglichen Massnahmen lassen sich in Zukunft auch erneute Gefährdungen der Schutzgüter weitgehend ausschliessen. Damit gehört die Altlastenbearbeitung hierzulande zu den wenigen Aktionsfeldern des Umweltschutzes, deren erfolgreicher Abschluss in rund 25 Jahren absehbar ist, weil nach den erfolgten Altlastensanierungen keine aktuellen Ursachen für künftige Probleme mehr vorliegen.

## Risiken für Oberflächengewässer

Bachtobel in Siedlungsnähe dienten zum Teil bis in die 1990er-Jahre als Ablagerungsstandorte für Abfälle, wobei die Kleingewässer auf dem Grund solcher Deponien meist eingedolt wurden. Auch an verschiedenen Seen nutzte man für Uferschüttungen nicht selten verschmutztes Material. Zudem liessen sich tausende von Industriebetrieben – aufgrund ihres Wasser- und Energiebedarfs sowie der Transportmöglichkeiten – an den Ufern von Flüssen oder Seen nieder.

Aus diesen Hauptgründen liegen über 9100 belastete Standorte oder fast ein Viertel der im Kataster erfassten Areale weniger als 50 Meter von einem Oberflächengewässer entfernt. Davon befinden sich rund 750 Standorte in unmittelbarer Ufernähe, das heisst in einer Distanz von maximal 5 Metern zum Wasser. Bei Überschwemmungen – und je nach Situation auch bei hohem Wasserstand – droht hier eine Mobilisierung von toxischen Substanzen, die empfindliche Wasserlebewesen wie Fische gefährden können.

Entlang von Fliessgewässern stellen solche Flächen im Uferbereich zudem ein potenzielles Risiko für flussnahe Trinkwasserfassungen dar. Denn das genutzte Grundwasser kann entweder durch versickernde Niederschläge belastet werden, die Schadstoffe in den Untergrund ausschwemmen, oder durch qualitative Beeinträchtigungen der Oberflächengewässer, welche beidseits ihres Laufs in direkter Verbindung mit dem Grundwasser stehen. Weil die Seen vor allem in den grösseren Städten ebenfalls als wichtige Trinkwasserressourcen dienen, geht auch von seenahen belasteten Arealen ein potenzielles Risiko für die Wasserversorgungen aus.

## Beeinträchtigung der Bodenqualität

Das Schutzgut Boden gilt als beeinträchtigt, wenn die natürliche Beschaffenheit der obersten, unversiegelten Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können, physikalisch, chemisch oder biologisch verändert worden ist. Böden fallen allerdings nur in den Geltungsbereich des Altlastenrechts, wenn ihre Belastung räumlich begrenzt ist und von Abfällen aus einer klar definierten Quelle stammt. Dies trifft etwa auf die mit den Schwermetallen Blei und Antimon verunreinigten Kugelfänge von Schiessanlagen zu. Weitere Schadstoffquellen sind oberflächennahe Ablagerungen von Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieabfällen oder über die Luft verfrachtete Emissionen aus ehemaligen Industriekaminen.

Solche Bodenbelastungen können beispielsweise die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen, zu Qualitätseinbussen bei Futter- und Nahrungsmitteln durch Schadstoffe führen oder auch die Gesundheit von Weidetieren gefährden. Ein wesentliches Problem ist zudem der Direktkontakt von Kindern mit belastetem Bodenmaterial, sei es auf Spielplätzen, in Wohngebieten oder Gärten.

Nicht zu dieser Kategorie im Sinn der AltIV zählen hingegen Böden, die durch grossräumige diffuse Quellen – wie Verkehrsemissionen entlang von Autobahnen – verunreinigt sind. Auch Standorte mit Belastungen durch die gezielte, grossflächige Applikation von Pestiziden – wie zum Beispiel Kupfersulfat im Weinbau – können nicht als belastete Stand-

orte gelten. Sie unterstehen aber trotzdem der Umweltgesetzgebung. Bei Bedarf werden sie überwacht, und ihre Nutzung wird teilweise eingeschränkt.

## Belastungen der Innenraumluft

In früheren Jahrzehnten sind belastete Standorte – mit Verunreinigungen durch Ablagerungen, den fahrlässigen Umgang mit Schadstoffen oder Unfälle – im Nachhinein oft ohne weitere Abklärungen oder vorgängige Dekontamination überbaut worden. Auf tausenden von Betriebsgeländen versickerten zudem umweltgefährdende Substanzen wie beispielsweise Erdölprodukte, chlorierte Lösungsmittel oder schwermetallhaltige Säuren im Boden. Als Folge davon liegen rund 16 300 belastete Areale oder 43 Prozent der im Kataster eingetragenen Standorte direkt unterhalb von Gebäuden.

Vor allem im Bereich von ehemaligen Deponien können die Abbauvorgänge im Untergrund zur Freisetzung von explosiven, toxischen oder lästigen Gasen führen. Dabei besteht die Gefahr, dass solche Substanzen auch an Orte gelangen, wo sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten. Bei Konzentrationen von problematischen Gasen in der Porenluft, welche die Grenzwerte gemäss der AltIV überschreiten, muss ein belasteter Standort saniert werden, sofern diese Gase in genutzte Räume gelangen. Die Vorgaben in der AltIV orientieren sich an den Limiten der Unfallversicherung Suva für die maximalen Konzentrationswerte an Arbeitsplätzen (MAK-Werte).



**Abb. 9** Zum Schutz der Weidetiere vor Bleibelastungen ist dieser belastete Kugelfang einer Schiessanlage eingezäunt.

## Fallbeispiel Grundwasser: Sanierung und Überwachung eines Betriebsstandorts in Carouge (GE): Zuviel giftiges Chrom VI im Grundwasser



**Abb. 10** Ausschnitt aus dem kantonalen Kataster der belasteten Standorte in der Region Genf-Carouge.

Auf einem 500 Quadratmeter grossen Gelände in Carouge (GE) wurde bis 1996 eine Firma für die Oberflächenveredelung von Metallen betrieben. Die Geschichte des ehemaligen Galvanikunternehmens, das sich vor allem auf Chrom- und Nickelbäder spezialisiert hatte, geht auf die frühen 1930er-Jahre zurück. Nach der Jahrtausendwende stellte das von einem Immobilienunternehmer beauftragte Ingenieurbüro im Boden und Grundwasser im unmittelbaren Abstrom des belasteten Standorts hohe Konzentrationen des krebserregenden und wassergefährdenden Schwermetalls Chrom VI fest. Die Gehalte schwankten zwischen 139 und 339 Mikrogramm pro Liter ( $\mu\text{g/l}$ ) und lagen damit massiv über dem zulässigen Höchstwert der Altlasten-Verordnung von  $10 \mu\text{g/l}$ .

15 Meter unterhalb der Terrainoberfläche fliesst in Carouge ein ergiebiger Grundwasserstrom, der in der Nähe auch für die Trinkwassernutzung genutzt wird. So liegt die nächstgelegene Fassung 2000 Meter vom belasteten Gelände entfernt. Um zu verhindern, dass giftiges Chrom VI in die wichtige Trinkwasserressource gelangt, liess der Kanton Genf das Grundwasser auf dem verseuchten Areal bereits ab 2001 abpumpen. Die Wirksamkeit dieser provisorischen Sofortmassnahme konnte dank einem in der näheren Umgebung installierten Messnetz mit fix installierten Beobachtungsrohren nachgewiesen werden.

Zwischen Juni 2010 und Juni 2011 erfolgten dann umfangreiche Sanierungsarbeiten mit Kosten von über 3 Millionen Franken. Um die Sicherheit der Beschäftigten und

der Nachbarschaft zu gewährleisten, wurde der verseuchte Boden im Schutz einer Zelthalle ausgebaggert. Nach Abbruch der zwei betroffenen Gebäude musste man das Material im Bereich der ehemaligen Chrombäder bis in 15 Meter Tiefe ausheben. Damit liessen sich insgesamt etwa 82 Kilo Chrom VI vom belasteten Standort entfernen. Fachleute beziffern die im Untergrund verbleibende Restmenge auf 0,7 bis 1,9 Kilo, was knapp 1 bis 2 Prozent der ursprünglichen Menge vor der Sanierung entspricht.

Um die Auswirkungen der Sanierung auf die Grundwasserqualität besser abschätzen zu können, führte man einen Bewässerungsversuch durch. Dieser Praxistest warf einige offene Fragen auf. So lag der Chrom VI-Gehalt im unmittelbaren Abstrombereich des Areals zuerst wochenlang unter dem angepeilten Maximalwert von  $10 \mu\text{g/l}$ , stieg dann aber bis April 2012 auf  $60 \mu\text{g/l}$  an, um danach wieder auf  $20 \mu\text{g/l}$  zu sinken. Dabei traten insbesondere nach Perioden mit anhaltenden intensiven Niederschlägen erhöhte Konzentrationen an Chrom VI auf.

Aufgrund dieser Situation will der Kanton Genf die Entwicklung der Grundwasserqualität auf dem sanierten Gelände in Carouge bis 2022 weiterhin überwachen. Im Rahmen dieser Überwachung konnte im Messnetz zeitweilig Chrom VI mit einem Maximalwert von bis zu  $5 \mu\text{g/l}$  nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationen in der Trinkwasserfassung haben den Wert von  $1 \mu\text{g/l}$  jedoch nie überschritten, so dass kein Risiko für das Trinkwasser besteht.

Weil der frühere Besitzer und Betreiber des Standorts 2002 verstarb und seine Firma zwei Jahre später in Konkurs ging, musste der Kanton Genf für einen Grossteil des Sanierungsaufwands aufkommen. 40 Prozent oder gut 1,1 Millionen Franken der Ausfallkosten hat der vom BAFU verwaltete VASA-Fonds (siehe S. 43) übernommen. Der gleiche Verteilungsschlüssel gilt nun auch für die weiteren Überwachungskosten.

## Fallbeispiel Oberflächengewässer: Sanierung einer Siedlungsabfalldeponie in Schmerikon (SG): Aufräumen am Ufer des Zürichsees



**Abb. 11** Um Uferland zu gewinnen, wurde der Zürichsee bei Schmerikon (SG) zu Beginn des 20. Jahrhunderts zum Teil mit Siedlungsabfällen aufgeschüttet.



**Abb. 12** Die komplette Entfernung des belasteten Materials erfolgte im Schutz einer Spundwand und bei abgesenktem Grundwasserspiegel.

Am nordöstlichen Zipfel des Zürichsees verlief die Bahnlinie bei Schmerikon (SG) ursprünglich direkt am Ufer. Um zusätzliches Land zu gewinnen, nahm die Gemeinde im Bereich des Bahnhofs ab 1900 Aufschüttungen vor, welche die Uferlinie seewärts verlagerten. Die Auffüllungen erfolgten bis zu Beginn der 1950er-Jahre, wobei man dafür – neben eher unproblematischem Bauschutt – auch Siedlungsabfälle einsetzte, wie es zur damaligen Zeit allgemein üblich war.

Die nach 1998 durchgeführten Untersuchungen des belasteten Standorts zeigten, dass die wiederkehrenden Überschwemmungen des Areals – ebenso wie tiefe Seewasserspiegel bei einem höheren Grundwasserstand – zu einer Auswaschung von Schadstoffen aus dem Deponiekörper in den Zürichsee führen können. Sickerwasseranalysen in Ufernähe bestätigten 2013 denn auch eine Überschreitung der gemäss der Altlasten-Verordnung massgebenden zehnfachen Konzentrationswerte für Blei und Benzo(a)pyren. Wie Abklärungen mittels Baggerschlitzen und Kernbohrungen ergaben, gingen die Belastungen dabei ausschliesslich vom östlichen Teil der Seeuferaufschüttung aus, wo zwischen 1939 und 1952 knapp 3800 Kubikmeter Hauskehricht abgelagert worden waren. Dagegen erwiesen sich die Auffüllungen mit mineralischen Abfällen und Bauschutt im Westen des Areals als vergleichsweise unproblematisch.

Nach Ablauf eines langjährigen Pachtvertrags für einen Kiesumschlagplatz wollte die Gemeinde das attraktiv gelegene Gelände am Seeufer neu für Bade- und Freizeitzwecke nutzen.

Da aufgrund der Altlasten-Verordnung ohnehin ein Sanierungsbedarf bestand, nutzte die öffentliche Hand die geplante Umgestaltung des Terrains für eine vorgängige Sanierung der Altlast. Dazu sicherte man die ehemalige Siedlungsabfalldeponie mit einer Spundwand, senkte das Grundwasser ab und dekontaminierte den Standort mittels einer vollständigen Entfernung des durch Siedlungsabfälle belasteten Aushubmaterials. Die im Spätherbst und Winter 2013 erfolgten Arbeiten kosteten knapp 1,7 Millionen Franken und damit gut 50 Prozent weniger als ursprünglich angenommen. Der reduzierte Aufwand hängt mit den geringeren Abfallmengen zusammen, die sich aufgrund ihrer Zusammensetzung zudem günstiger entsorgen liessen als erwartet. Eine Sicherung der Altlast mit dem Ziel, das Sickerwasser vom See fernzuhalten, wäre zwar billiger gewesen, hätte aber über Jahrzehnte wiederkehrende Kosten für die Überwachung verursacht. Dank der Dekontamination sind die Risiken einer möglichen Beeinträchtigung des Seewassers und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt inzwischen definitiv gebannt.

Auch in Schmerikon hat sich der Bund mit Geldern aus dem VASA-Fonds zu 40 Prozent an den Sanierungskosten beteiligt.

## Fallbeispiel Bodenqualität: Bodensanierung in Zürich-Hard: Gemüsegärten auf einer ehemaligen Deponie



**Abb. 13** Das Kleingartenareal Hard in Zürich liegt über einer früheren Deponie. Dank dem Einbau einer Trennschicht und der Überdeckung mit sauberem Bodenaushub ist die Nutzung heute problemlos möglich.

1927 gelangten vier ausgebeutete Kiesgruben im heutigen Stadtgebiet Zürich-Hard in den Besitz der Standortgemeinde. Fortan dienten sie den städtischen Betrieben sowie dem lokalen Kleingewerbe zur offenen Verbrennung und Ablagerung von Abfällen. Neben Aushubmaterial und Bauschutt deponierte man hier vor allem auch Kehricht, Schlacken, Aschen und Strassenschachtschlämme. Im Lauf der Zeit wurde die rund 130 000 Quadratmeter umfassende Ablagerungsfläche nach und nach überbaut, doch blieb im nordwestlichen Bereich des Standorts das seit 1935 bestehende Kleingartenareal Hard erhalten.

Aufgrund der potenziellen Gefährdung für das Grundwasser, die Raumluft in den Gebäuden und den Oberboden der Kleingärten beurteilten die kantonalen Umweltbehörden das Gebiet als prioritär untersuchungsbedürftig. Im Rahmen der 2010 durchgeführten Voruntersuchung bestätigte sich der ursprüngliche Verdacht nur für das Schutzgut des gartenbaulich genutzten Bodens. Dagegen liessen die Grundwasseranalysen und Raumluftmessungen keine relevanten Risiken für die entsprechenden Schutzgüter erkennen.

Wie die Abklärungen zeigten, lag geringmächtiger Oberboden im östlichen Teil der Kleingärten direkt auf dem Deponiematerial auf. Vor allem in den obersten Bereichen war der Untergrund bis in etwa 2 Meter Tiefe stark mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und teilweise auch mit dem toxischen Schwermetall Blei belastet.

Aus diesem Grund verfügte der Kanton im Jahr 2011 für den Standort eine Sanierungspflicht.

Nach der Räumung des Areals wurden die obersten 20 bis 30 Zentimeter der stark belasteten Gartenböden im Sommer 2012 abgetragen und fast 4500 Tonnen Aushubmaterial auf der Reaktordeponie Binzwiesen in Illnau-Effretikon entsorgt. Gut 200 Tonnen Reaktorstoffe mit zum Teil hohen PAK-Konzentrationen, aber unproblematischen Schwermetallgehalten konnte die Firma Jura Cement in ihrem Werk Wildegg (AG) verwerten. Im Anschluss an die Grabarbeiten erfolgten das Verlegen einer Trennschicht aus Geotextil sowie die Schüttung einer Ausgleichsfläche aus Kies. Danach wurden mit sauberem Bodenaushub eine neue Oberflächenabdeckung aufgebaut, das sanierte Gelände rekultiviert, die Gartenanlage neu erstellt und dem Verein Quartiergarten Hard im Juni 2013 wieder zur Nutzung übergeben.

Das Sanierungsziel einer Wiederherstellung der gefahrlosen Gartennutzung liess sich vollständig erreichen. Damit ist der Standort neuerdings weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig. Weil es unter der Abdeckung im gesamten Sanierungsperimeter nach wie vor Verunreinigungen des Untergrunds durch frühere Ablagerungen gibt, bleibt der Eintrag im Kataster der belasteten Standorte dennoch bestehen.

Bei anrechenbaren Gesamtkosten von knapp 1,68 Millionen Franken hat der Bund mit VASA-Mitteln 40 Prozent oder gut 670 000 Franken zur Sanierung beigetragen.

Auswertung der Kataster der belasteten Standorte

# > Häufung der verunreinigten Areale in den Bauzonen

Die 38 000 belasteten Standorte belegen eine Gesamtfläche von der Grösse des Kantons Zug. Über die Hälfte aller Areale liegt in den Bauzonen, wo die Problemlösung oft besondere Herausforderungen stellt.

Die Kataster der belasteten Standorte (KbS) von Bund und Kantonen sind nicht nur eine wichtige Entscheidungshilfe für die Prioritätensetzung bei der Altlastenbearbeitung. Sie bewähren sich vor allem auch bei der Planung von grossräumigen Infrastrukturvorhaben – wie etwa neuen Strassenverbindungen, Bahnlinien, Leitungsbauten oder Gewässerrevitalisierungen – als wertvolles Instrument für die Projektierung. Unter anderem finden die Daten auch Eingang in den neu aufgebauten ÖREB-Kataster, der alle öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen für Grundstücke einfach zugänglich macht und damit die Rechtssicherheit erhöht.

Auf diese Weise lassen sich böse Überraschungen, Terminverzögerungen und Budgetüberschreitungen durch verun-

reinigtes Bodenmaterial, das erst bei den Bauarbeiten zum Vorschein kommt, bereits in der Vorbereitungsphase von Projekten weitgehend vermeiden. Dank der online verfügbaren Katasterdaten ist die Bauherrschaft in der Regel nämlich vorinformiert, weiss aufgrund der Voruntersuchungen bereits ziemlich genau, was sie erwartet, und kann entsprechende Vorkehrungen treffen.

### Problemhäufung in den Bauzonen

Treiber dieser Entwicklung sind insbesondere auch die fortschreitende Umnutzung der früher grossflächigen Industrie- und Bahnareale in den Städten sowie die vermehrte Siedlungsentwicklung nach innen durch bauliche Verdichtung. Sie bringen es mit sich, dass bei Aushubarbeiten häufig mit umweltgefährdenden Stoffen verunreinigtes Material anfällt. Dies gilt umso mehr, als die landesweit dynamischste bauliche Entwicklung im bevölkerungsreichen Mittelland erfolgt, wo sich 63 Prozent sämtlicher belasteten Standorte befinden. Bedingt durch die zahlenmässige Dominanz der Betriebsstandorte liegen 52 Prozent aller im KbS erfassten Areale in den Bauzonen, obwohl sie nur knapp 7 Prozent der Landesfläche ausmachen.

Anteile der belasteten Standorte nach Nutzungszonen

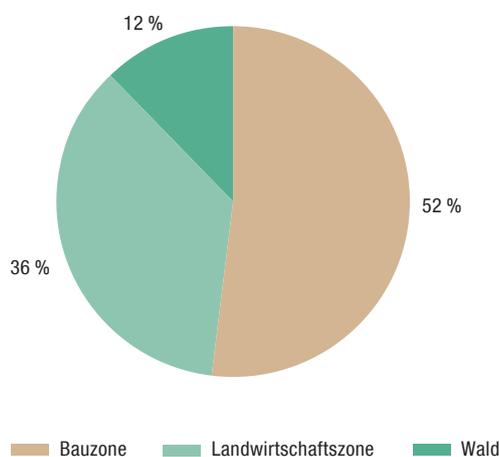


Abb. 14 Mehr als die Hälfte aller belasteten Standorte liegt innerhalb von Bauzonen.

### Anteile der belasteten Standorte nach Nutzungszonen

Bei den belasteten Standorten in den heutigen Landwirtschaftszonen sowie im Wald handelt es sich häufig um Geländevertiefungen, Bachtobel und Taleinschnitte, die man früher bevorzugt zur Ablagerung von Abfällen zweckentfremdet hat. An Waldrändern und im landwirtschaftlich genutzten Gebiet finden sich auch die meisten Kugelfänge von Schiessanlagen. Dagegen ballen sich fast alle übrigen verunreinigten

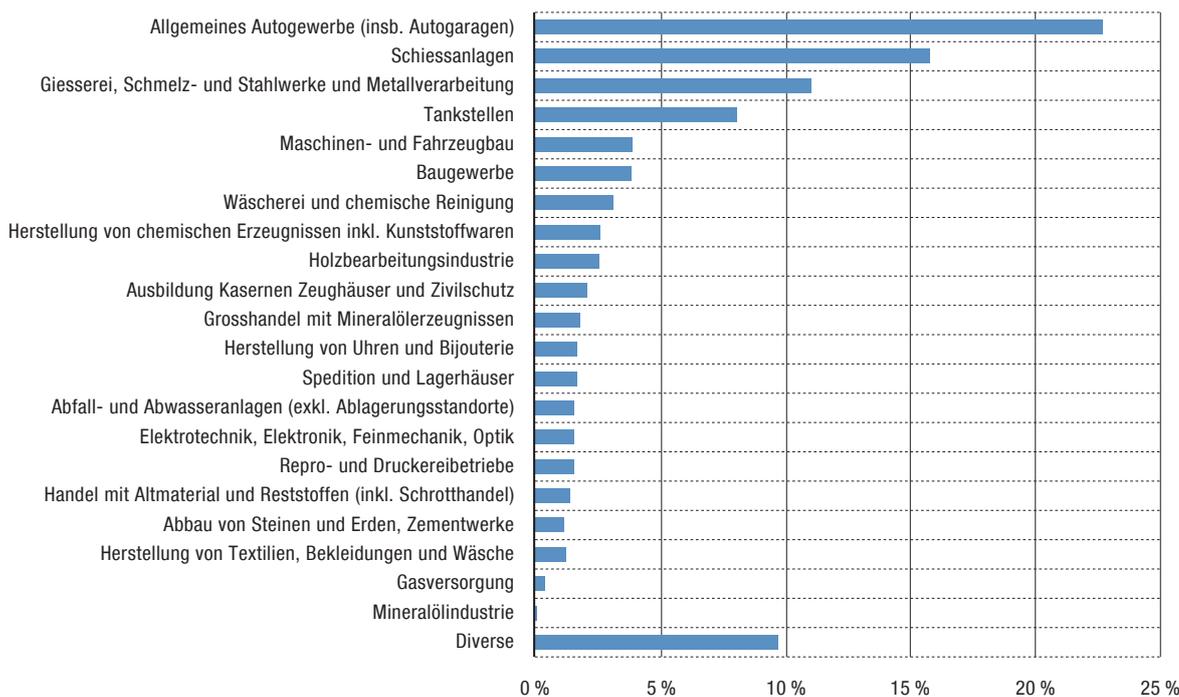
Betriebsstandorte erwartungsgemäss in den Siedlungszonen. Hier, wo tausende von belasteten Betriebsarealen noch heute direkt unter genutzten Gebäuden liegen, bestehen denn auch die grössten Herausforderungen, weil Untersuchungen und Sanierungsmassnahmen erhebliche technische Schwierigkeiten bereiten.

Wie eine Auswertung der kantonalen KbS nach Branchen zeigt, welche auch die Schiessanlagen von Gemeinden und Militär berücksichtigt, gehen etwa 30 Prozent der 22 500 belasteten Betriebsareale auf das Konto des Autogewerbes mit seinen Werkstätten, Garagen und Tankstellen. Die Fälle aus dieser Branche sind zwar zahlreich, doch hat sie nur relativ wenige Altlasten zu verantworten. Weitere häufige Verursacher von Verunreinigungen der Böden sowie des Untergrunds sind Schiessanlagen und metallverarbeitende Unternehmen. Zusammen tragen diese Branchen die Verantwortung für deutlich mehr als die Hälfte aller belasteten Betriebsstandorte.

### Einblicke in vergangene Zeiten

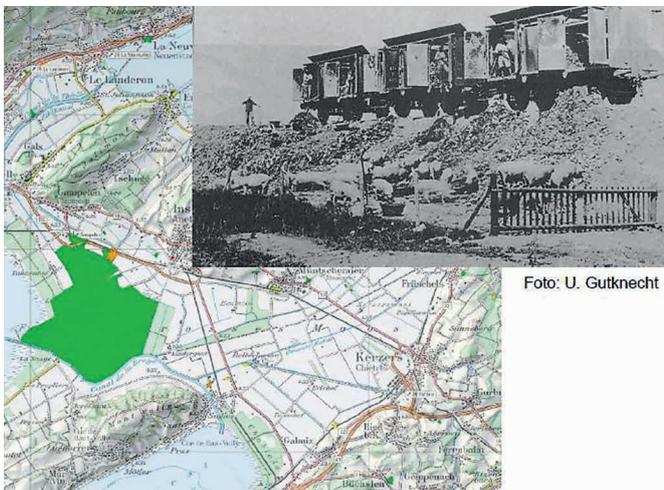
Die kantonalen Kataster der belasteten Standorte sind nicht zuletzt auch ein Kuriositätenkabinett, das interessante Einblicke in die Wirtschaftswelt und den gesellschaftlichen Alltag früherer Jahrzehnte ermöglicht. So liess etwa die Stadt Bern ihren Kehrriech während gut 40 Jahren von Strafgefangenen der Anstalt Witzwil bei Ins (BE) weiträumig auf dem Ackerland des schweizweit grössten Bauernbetriebs verteilen. Ziel war, dadurch die Qualität der Moorböden im Grosse Moos zwischen den drei Jurarandseen zu verbessern. Auf diese Weise wurden vor Ort schätzungsweise 6 bis 8 Quadratkilometer mit bodenfremden Stoffen – wie Metallstücken und Glasscherben – verunreinigt. Als die hohe Schwermetallbelastung erkannt wurde, gab die Stadt Bern ihre Entsorgungspraxis auf. Insgesamt belegen die 38 000 im KbS erfassten Standorte eine Gesamtfläche von rund 240 Quadratkilometern. Allein die mit rund 500 000 Tonnen Kehrriech verschmutzten Böden in Witzwil machen somit einen Flächenanteil von ungefähr 3 Prozent aus.

Anteile der belasteten Betriebsstandorte nach Branchen



**Abb. 15** Das Autogewerbe ist zwar für tausende von belasteten Betriebsstandorten verantwortlich, aber nur für relativ wenige Altlasten, die saniert werden müssen.

Auch später gelangten die anorganischen Rückstände aus der Abfallverbrennung zum Teil bis in die 1980er-Jahre in grossen Mengen ungesichert in die Umwelt. So wurde die mit verschiedenen Schwermetallen belastete Kehrriechtschlacke zum Beispiel vielerorts als Koffermaterial beim Bau von Strassen und Feldwegen eingesetzt. Solche Entsorgungspraktiken sind in der Schweiz heute undenkbar. So wird die anorganische Schlacke aus Verbrennungsanlagen mittlerweile in eigenen Kompartimenten von gut gesicherten Deponien abgelagert.

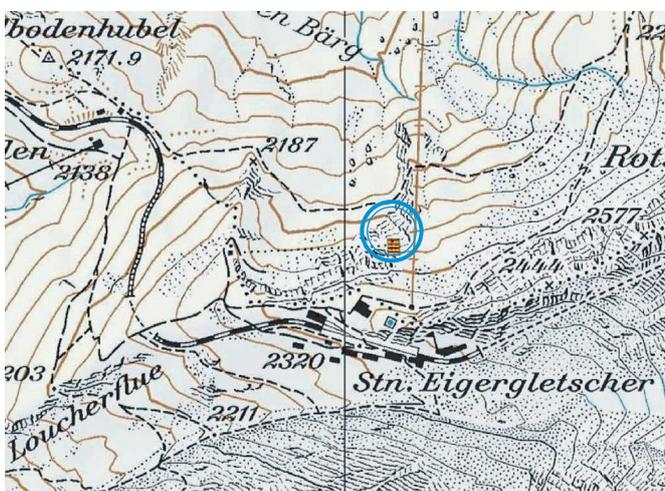


**Abb. 16** Grossflächiger Standort Auf dem Kulturland der Strafanstalt Witzwil (BE) im Grossen Moos deponierte die Stadt Bern von 1913 bis 1954 auf 600 bis 800 Hektaren zirka 500 000 Tonnen Kehrriecht.

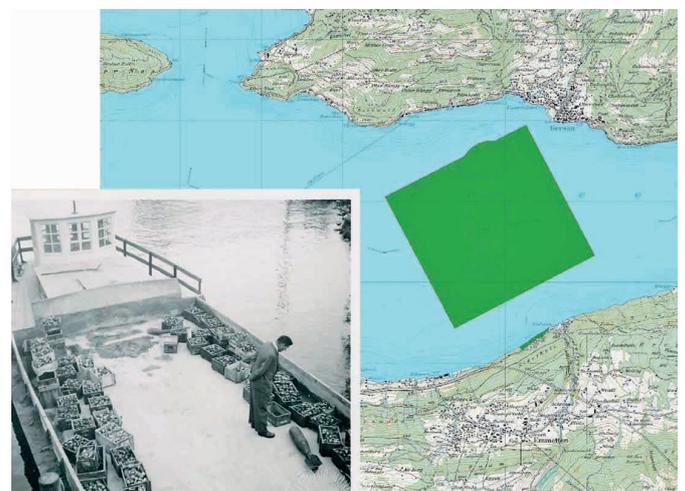
Seit Anfang 2013 verlangt die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) zudem, dass der Restgehalt an Nichteisenmetallen in den deponierten Verbrennungsrückständen 1,5 Gewichtsprozente nicht überschreiten darf. Dies bedingt eine vorgängige Aufbereitung der Kehrriechtschlacke zur Rückgewinnung der Metalle. Damit gelangen wertvolle Rohstoffe wieder zurück in den Wirtschaftskreislauf statt – wie früher – unkontrolliert in die Umwelt.



**Abb. 17** Lang gezogener Standort Beim Bau dieser Strasse im Kanton Zürich kam mit Schwermetallen belastete Kehrriechtschlacke als Koffermaterial zur Stabilisierung des Untergrunds zum Einsatz. Diese Praxis war seinerzeit in der ganzen Schweiz erlaubt.



**Abb. 18** Hoch gelegener Standort Die belastete Schiessanlage Eigergletscher (BE) liegt auf 2171 Höhenmetern, etwas unterhalb des gleichnamigen Bahnhofs der Jungfrauabahn.



**Abb. 19** Tief gelegener Standort Zwischen Gersau (SZ) und Emmetten (NW) wurde die tiefste Stelle des Vierwaldstätter-sees – 214 Meter unter der Wasseroberfläche – zur Versenkung von nicht mehr benötigter Munition genutzt.

Ablauf der Altlastenbearbeitung

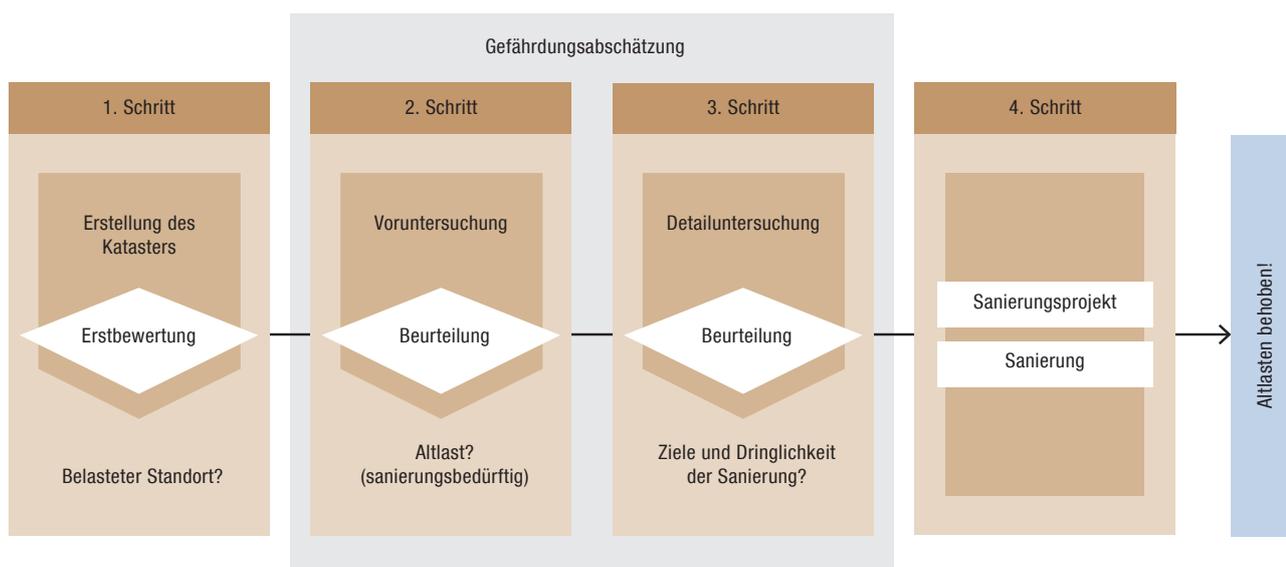
# > Das etappenweise Vorgehen spart Kosten

*Der Eintrag im Kataster der belasteten Standorte (KbS) bedeutet nicht automatisch, dass damit auch Überwachungs- oder gar Sanierungsmassnahmen notwendig sind. Bei mehr als der Hälfte aller Standorte ergab schon die Erstbewertung keinen weiteren Untersuchungsbedarf.*

Die Altlastenbearbeitung in der Schweiz erfolgt etappenweise, wobei der Ablauf für die Kategorisierung eines belasteten Standorts vorgegeben ist. Dieses Vorgehen ist effizient und spart dadurch Zeit und Kosten. In der Regel wird nach jedem Teilschritt über das weitere Vorgehen entschieden. Dabei stellt die inzwischen abgeschlossene Erfassung im Kataster die erste Etappe dar. Gestützt auf eine Erstbewertung im Zuge dieser Arbeiten war bei mehr als der Hälfte sämtlicher Standorte bereits klar, dass darüber hinaus keine

weiteren Abklärungen mehr erforderlich sind. Dies bedeutet konkret, dass im Untergrund oder Boden zwar durchaus Rückstände von Abfällen lagern. Diese stellen jedoch keine Gefahr dar, weil sie nicht negativ auf die Schutzgüter einwirken. Trotzdem verbleiben diese Standorte zwecks Dokumentation ihrer Belastung im Kataster. Stehen zu einem späteren Zeitpunkt beispielweise Abbruch- oder Aushubarbeiten an, so lässt sich gewährleisten, dass dieses verunreinigte Material umweltgerecht entsorgt wird.

Teilschritte der Altlastenbearbeitung



**Abb. 20** Der Ablauf der Altlastenbearbeitung erfolgt nicht für alle belasteten Standorte zeitgleich. Massgebend für die Dringlichkeit der Abklärungen und einer allfälligen Sanierung ist jeweils das Ausmass der Gefährdung für die Schutzgüter.

## Ziele der Voruntersuchung

Lassen sich Risiken für Mensch und Umwelt anlässlich der Erstbewertung nicht ausschliessen, so braucht es eine Voruntersuchung. Dabei wird zuerst versucht, im Rahmen einer historischen Abklärung die frühere Nutzung eines belasteten Areals und umweltrelevante Informationen zu eruieren – so etwa die Art der eingesetzten Substanzen, die ungefähren Schadstoffmengen sowie ihre Einsatzbereiche. Dies geschieht mittels einer Aktenauswertung, der Befragung von Zeitzeugen oder einer Erkundung vor Ort. Je umfangreicher das zusammengetragene historische Wissen, umso gezielter kann die anschliessende technische Untersuchung – als zweiter Schritt der Voruntersuchung – erfolgen.

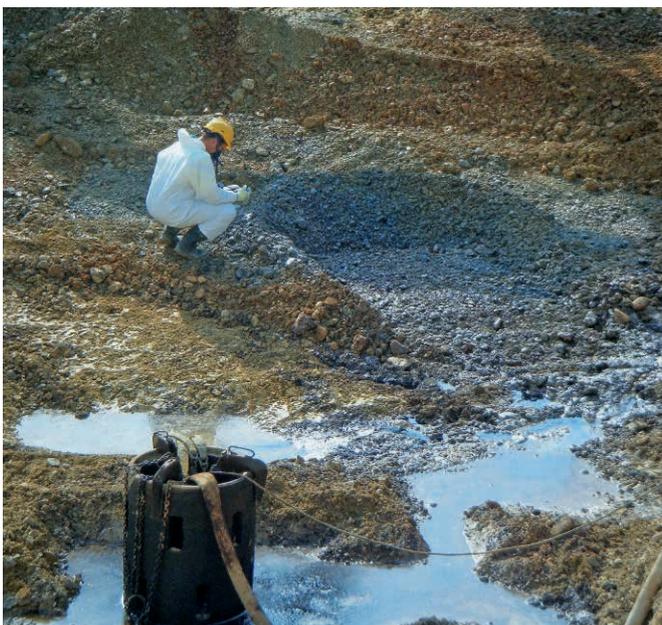
Bisweilen zeigen aber schon die geschichtlichen Abklärungen, dass ein Standort gar nicht verunreinigt ist, was eine Löschung des Katastereintrags erlaubt. Technische Abklärungen entfallen auch, wenn die Fachleute eine Gefährdung der Schutzgüter bereits aufgrund der verfügbaren Akten ausschliessen können.

Wo dies nicht möglich ist, soll eine technische Untersuchung die vorhandenen Informationen durch Schadstoffmessungen ergänzen. Dabei geht es primär darum, die Belastungen zu ermitteln und ihre allfälligen Einwirkungen auf Wasser, Boden oder Luft zu bewerten. Erweist sich ein Areal als verunreinigt, ohne jedoch eine Bedrohung für die Umwelt darzustellen, sind weitere Abklärungen unnötig. Die technische Untersuchung kann aber auch ergeben, dass

ein belasteter Standort – bedingt durch die festgestellten Umweltbeeinträchtigungen – künftig überwacht werden muss. Bei einer Gefährdung der Schutzgüter erfolgt schliesslich die Kategorisierung als sanierungsbedürftige Altlast.

## Ziele der Detailuntersuchung

Sofern die Resultate der Voruntersuchung den Sanierungsbedarf für einen belasteten Standort nachweisen, folgt in der Regel eine Detailuntersuchung. Auf der Grundlage bestehender Kenntnisse soll sie genauere Angaben zur Art und zum Ausmass der Schadstoffbelastung sowie zu den möglichen Auswirkungen liefern. Diese Ergebnisse dienen den zuständigen Fachstellen als Entscheidungsbasis, um Dringlichkeit und Ziele einer Sanierung festzulegen. Zudem bilden sie auch die Grundlage des Sanierungsprojekts. Dank dieser Triage lässt sich die Sanierung sämtlicher Altlasten, von denen eine akute Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht, zeitlich vorziehen. Insgesamt beziffert der Bund die Gesamtkosten der Vor- und Detailuntersuchungen auf rund 1 Milliarde Franken.



**Abb. 21** Untersuchung der Belastung auf dem Gelände eines ehemaligen Gaswerks in Delsberg (JU).



**Abb. 22** Probenahme von Grundwasser auf dem Gelände der ersten inländischen Erdölraffinerie in Rotkreuz (ZG).

### Aktueller Stand der Altlastenbearbeitung

Das BAFU rechnet mit gut 23 000 belasteten Standorten, von denen keinerlei schädliche oder lästige Einwirkungen ausgehen. In weiteren knapp 4000 Fällen ergaben die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten 7000 Voruntersuchungen weder einen Überwachungs- noch einen Sanierungsbedarf. Damit ist bereits jetzt klar, dass bei über 70 Prozent der im KbS aufgeführten Standorte keine zusätzlichen altlastenrechtlichen Massnahmen mehr erforderlich sind. Dieser Anteil wird in den kommenden Jahren weiter zunehmen, sobald die Ergebnisse der noch ausstehenden Untersuchungen eine definitive Klassierung ermöglichen. Bei fast 8000 Standorten laufen die Abklärungen über ihre Umweltauswirkungen entweder noch oder werden in der nächsten Zeit in Angriff genommen.

Gestützt auf die bisher bekannten Untersuchungsergebnisse drängt sich voraussichtlich für knapp 2000 belastete Areale eine Überwachung auf. Bisher sind die Fachleute in weiteren rund 1100 Fällen auf sanierungsbedürftige Standorte gestossen. Dazu kommen hunderte von bereits sanierten Altlasten, die nicht mehr im KbS erscheinen, weil sie bereits vollständig dekontaminiert sind und daher in der Zwischenzeit gelöscht werden konnten. Insgesamt rechnet das BAFU schweizweit mit 4000 Altlasten.

Nach Abschluss der gegenwärtig noch offenen Untersuchungen wird es während einer Übergangsphase nur noch drei Kategorien geben – nämlich einen Grossteil von Arealen ohne schädliche oder lästige Einwirkungen sowie zwei deutlich kleinere Anteile mit den sanierungsbedürftigen und den zu überwachenden Standorten. Etwa ab 2040, wenn voraussichtlich sämtliche Altlasten dekontaminiert oder gesichert sind, wird der Kataster dann nur noch Standorte umfassen, die keine Gefährdung für die Umwelt darstellen und daher auch keine altlastenrechtlichen Massnahmen erfordern.

Status der belasteten Standorte der Schweiz gemäss AltIV (Anfang 2014)

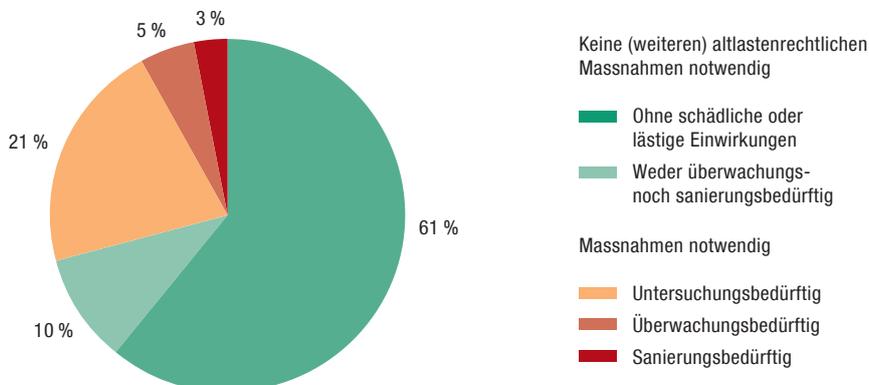


Abb. 23 Bei über zwei Dritteln aller belasteten Standorte sind keine (weiteren) altlastenrechtlichen Massnahmen notwendig.

## Fallbeispiel einer sanierungsbedürftigen 300-Meter-Schiessanlage in Düdingen (FR): Belasteter Kugelfang in der Grundwasserschutzzone



**Abb. 24** Um den Kugelfang der Schiessanlage Horia sanieren zu können, musste man zahlreiche Bäume fällen. Hinten links ist das Trinkwasserpumpwerk der Gemeinde Düdingen (FR) zu erkennen.

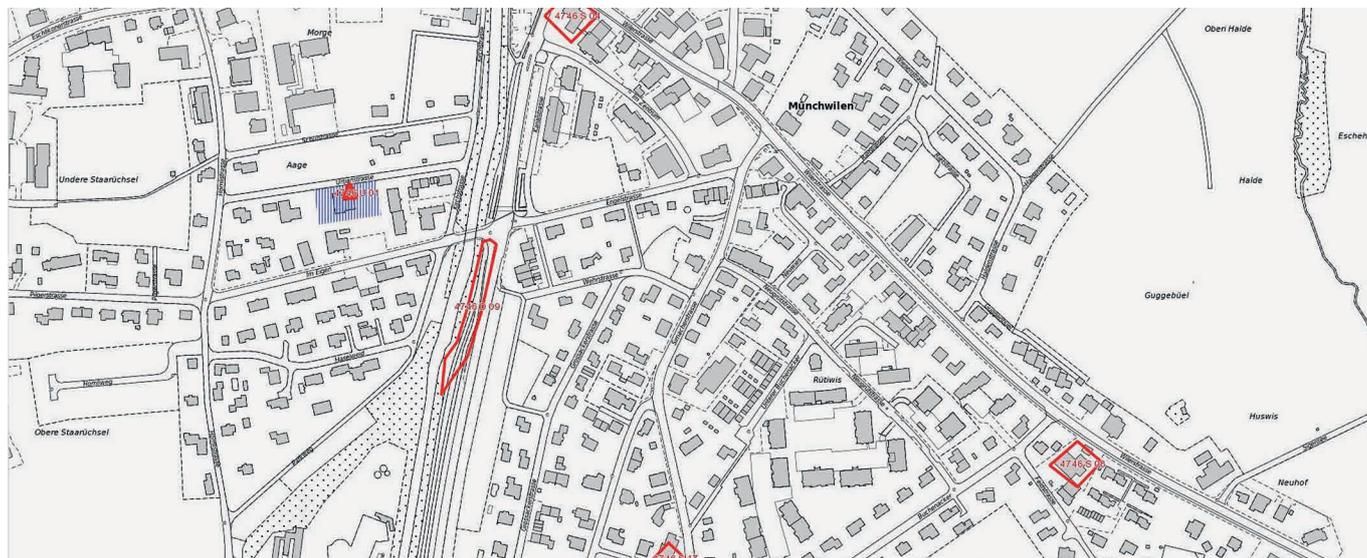
Auf der Ende 2005 stillgelegten 300-Meter-Schiessanlage Horia im freiburgischen Düdingen wurden seit ihrer Inbetriebnahme im Jahr 1914 ungefähr 8 Millionen Patronen abgefeuert. Gestützt auf die im Rahmen der historischen Altlastenuntersuchung ermittelte Munitionsmenge rechnete man mit 58 Tonnen an verschossenem Blei. Dabei landeten die in den Projektilen enthaltenen Schwermetalle Blei (Pb) und Antimon (Sb) vor allem im Boden direkt am Hang, der als Kugelfang diente. Schliesslich umfasste die im Lauf der Jahrzehnte häufig erweiterte Anlage über 60 Zielscheiben und damit auch entsprechend viele Einschlagbereiche im Kugelfang. Dieser bis zur Sanierung stark belastete Bereich befindet sich in unmittelbarer Nähe des Pumpwerks Horia, das die Gemeinde Düdingen mit Trinkwasser versorgt. Der Standort des Kugelfangs liegt zum Teil in einer Grundwasserschutzzone S2 und tangiert partiell auch die S3. Derart hohe Bleikonzentrationen in einer sensiblen Grundwasserschutzzone konnten nicht toleriert werden. Zum Schutz dieser Ressource und des landwirtschaftlich genutzten Bodens war eine Dekontamination somit unumgänglich.

Als Sanierungsziel legten die kantonalen Behörden aufgrund einer Gefährdungsabschätzung fest, dass der Boden in der engeren Schutzzone S2 nicht mehr als 200 Milligramm Blei pro Kilo (mg Pb/kg) und in der bewaldeten weiteren Schutzzone S3 höchstens 1000 mg Pb/kg enthalten darf. Das verunreinigte Material mit höheren Konzentrationen wurde ausgehoben und nach dem Stand der Technik gesetzeskon-

form aufbereitet und entsorgt. Dabei musste man die weniger belasteten Bereiche am Waldrand teilweise manuell sanieren – unter anderem mithilfe von Metalldetektoren und Magneten. Zum Abschluss der zwischen August 2012 und Mai 2013 durchgeführten Arbeiten wurde der zuvor gerodete Hang erneut aufgeforstet.

Wie Laboranalysen von Kontrollproben nach der Sanierung bestätigen, liegen die Restbelastungen heute unter den als Sanierungsziel geforderten Pb-Konzentrationswerten, was zur Auszahlung von VASA-Abgeltungen berechtigte. Bei Schiessanlagen, die in Grundwasserschutzzonen liegen, bezahlt der Bund Beiträge an deren Untersuchung und Sanierung, sofern seit Ende 2012 durch den Schiessbetrieb keine Abfälle mehr in den Boden gelangt sind. Ursprünglich rechnete man in Düdingen mit Gesamtsanierungskosten in Höhe von 2,7 Millionen Franken. Weil die zu behandelnden Materialmengen geringer waren und weniger Boden entsorgt werden musste als zuerst angenommen, fiel die definitive Rechnung um einen Drittel günstiger aus. Von den insgesamt 1,8 Millionen Franken hat der Bund schliesslich rund 720 000 Franken mit VASA-Mitteln abgegolten.

## Fallbeispiel der Untersuchung eines Betriebsstandorts in Münchwilen (TG): Eine Gefährdung der Schutzgüter lässt sich ausschliessen



**Abb. 25** Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte im Kanton Thurgau mit der Gemeinde Münchwilen.

Der belastete Standort im thurgauischen Münchwilen liegt mitten in einem Wohngebiet mit vereinzelt Gewerbe- und Nutzungen. Um 1930 wurden auf dem Gelände die ersten Gebäude erstellt, welche dann einem Maschinenbauunternehmen zwischen 1946 und 1975 zur Montage – und vermutlich auch zur Produktion – von Fertigteilen für Teppichgummiermaschinen dienten. Nach Stilllegung dieses Betriebs nutzte eine ebenfalls längst aufgelöste Einzelfirma das Areal von 1976 bis 1995 für die Fertigung von Werkstücken für Labor-einrichtungen. Sie verfügte unter anderem über eine mit Perchloroethylen (PER) betriebene Dampfentfettungsanlage zur Reinigung der Metallteile und betrieb auch eine Anlage zur Destillation von chlorierten Lösungsmitteln.

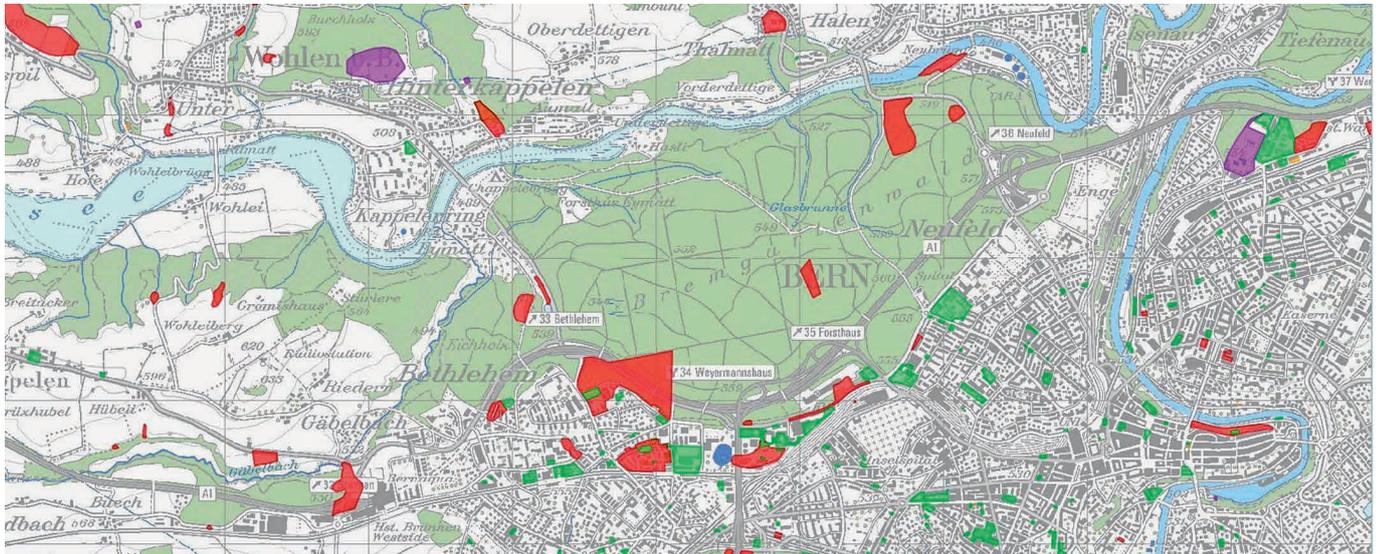
Im kantonalen Kataster der belasteten Standorte (KbS) war das Firmenareal aufgrund des jahrzehntelangen Umgangs mit potenziell umweltgefährdenden Stoffen denn auch als prioritär untersuchungsbedürftiger belasteter Standort eingetragen. Im Jahr 2012 erfolgte deshalb eine technische Untersuchung, die sechs Rammkernsondierungen mit Porenluftproben umfasste. Deren Resultate wiesen im Untergrund minimale Konzentrationen des chlorierten Kohlenwasserstoffes (CKW) Dichlormethan nach.

Bedingt durch das schlecht durchlässige Moränenmaterial und die hydrogeologischen Verhältnisse ohne nutzbares Grundwasservorkommen schliessen die konsultierten Fachleute eine nicht erkannte CKW-Depotbildung praktisch aus. Angesichts der ebenfalls nur geringfügigen Belastung der

Porenluft haben die Thurgauer Umweltbehörden das Areal im Juni 2012 definitiv klassiert und als belasteten Standort ohne Überwachungs- und Sanierungsbedarf im KbS eingetragen. Dies bedeutet, dass durch die gewerblichen Tätigkeiten keine Gefährdung für die Schutzgüter Oberflächengewässer, Grundwasser, Boden und Innenraumluft besteht. Bei einem allfälligen Bauvorhaben mit Eingriffen in den Untergrund müsste belastetes Aushubmaterial allerdings kontrolliert entsorgt werden.

Die anrechenbaren Gesamtkosten der historischen sowie der technischen Untersuchung beliefen sich auf rund 19 500 Franken. Dabei machten die Ausfallkosten für das Gemeinwesen 80 Prozent oder umgerechnet etwa 15 600 Franken aus, weil beide Verhaltensstörer nicht mehr greifbar waren. Davon hat der Bund 40 Prozent oder gut 6200 Franken übernommen.

## Fallbeispiel der Untersuchung eines Unfallstandorts der SBB in Bern: Bakterien zersetzen das ausgelaufene Benzin



**Abb. 26** Im kantonalen Kataster für die Region Bern nehmen belastete Ablagerungsstandorte (rot) die grössten Flächen ein, gefolgt von den Betriebsstandorten (grün).

Im November 1983 liefen auf einem SBB-Gelände in Bern-Weyermannshaus als Folge eines Transportunfalls 20 000 Liter Benzin aus. In der historischen Untersuchung des belasteten Standorts fehlen konkrete Hinweise auf einen Aushub und die Entsorgung von verschmutztem Bodenmaterial. Zumindest ein Teil der Treibstoffmenge sollte von den Wehrdiensten nach der Havarie zurückgewonnen worden sein. Seither haben die Auswaschung der Schadstoffe sowie Abbauprozesse im Untergrund des Standorts die Benzinrestmenge weiter reduziert. Das für den Vollzug der Altlastenverordnung bei Eisenbahnen zuständige Bundesamt für Verkehr (BAV) schätzt, dass heute noch mit rund 5 000 Litern Benzin zu rechnen ist.

Das betroffene Bahnareal liegt über einem Grundwasservorkommen, doch beträgt der Abstand zum oberen Wasserspiegel ungefähr 12 Meter, wobei die Lockergesteine im Untergrund nur über eine geringe Durchlässigkeit verfügen. Zudem ist die nächstgelegene Brauchwassernutzung 250 Meter entfernt, und auch Oberflächengewässer sind durch den Unfallstandort nicht tangiert. Weil seit 2009 eine generelle Absenkung der regionalen Grundwasserleiter zu verzeichnen ist, die nach Einschätzung der Fachleute dauerhaft sein dürfte, rechnet die Vollzugsbehörde auch in Zukunft nicht mit einer altlastenrelevanten Auswaschung von Schadstoffen.

Da keine Schutzgüter oder Umweltbereiche ernsthaft gefährdet sind, hat das BAV den belasteten Standort – gestützt auf die Resultate der Voruntersuchung – weder als überwa-

chungs- noch sanierungsbedürftig eingestuft. Somit besteht auch kein aktueller Handlungsbedarf. Bei einem allfälligen Bauvorhaben müsste der verunreinigte Aushub aber fachgerecht entsorgt werden.

Die Unfallstelle in Bern-Weyermannshaus ist damit ein typisches Beispiel für belastete Standorte im Bereich des öffentlichen Bahnverkehrs. So identifizierten etwa Fachleute der SBB in einer ersten Abklärungsrunde nahezu 6 300 potenziell belastete Standorte. Aufgrund der bisherigen Abklärungen rechnen sie damit, dass davon bis zum voraussichtlichen Programmabschluss im Jahr 2018 rund 1 Prozent saniert werden muss.

Sanierungsprojekte für Altlasten

## > Die Quellen der Belastungen stoppen

*Das Hauptziel der Altlastsanierungen besteht hierzulande darin, den Eintrag von Schadstoffen in die Schutzgüter so weit zu verringern, dass man betroffene Standorte mittelfristig ohne weitere Massnahmen der Nachwelt überlassen kann.*

Vorrangiges Ziel jeder Altlastsanierung ist der Quellenstopp. Gesundheits- und umweltgefährdende Substanzen müssen folglich so beseitigt, zerstört oder immobilisiert werden, dass sie die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Raumluft nicht mehr beeinträchtigen können. Dabei haben die Umweltbehörden ihre Lehren gezogen aus den unzureichenden Massnahmen zur Sicherung der landesweit bedeutendsten Sondermülldeponien in Kölliken (AG) und Bonfol (JU). Gemäss den Bundesvorschriften kommt eine jahrhundertelange Reinigung oder Überwachung von Altlasten künftig nicht mehr in Frage. Vielmehr sollen bestehende Gefahren für Mensch und Umwelt innert der überschaubaren Frist von wenigen Jahrzehnten definitiv entschärft werden, ohne die Problemlösung kommenden Generationen aufzubürden.

Bei Altlasten, von denen eine erhebliche Gefahr ausgeht, muss so rasch wie möglich mit der Sanierung begonnen werden. Massgebend für die Risikoabschätzung sind dabei jeweils die Art und Menge der umweltgefährdenden Stoffe, die bestehende Bedrohung einer raschen Freisetzung sowie die Empfindlichkeit und Bedeutung der betroffenen Schutzgüter. Wenn wichtige Nutzungen bereits beeinträchtigt oder unmittelbar gefährdet sind, können Sofortmassnahmen erforderlich sein. Dazu gehören auch Nutzungseinschränkungen wie etwa die vorübergehende Stilllegung eines Pumpbrunnens oder ein Weideverbot für stark mit Schwermetallen belastete Böden.

Bei allen sanierungsbedürftigen Standorten gilt es, die Ziele und die Dringlichkeit einer Sanierung zu bestimmen. Noch etwas zuwarten kann man beispielsweise bei Altlasten, die keine empfindlichen Schutzgüter gefährden, sowie in Fäl-



**Abb. 27** Dekontamination eines Ablagerungsstandorts in Balsthal (SO): Mit Schwermetallen belasteter Giessereisand wird ausgehoben und korrekt entsorgt.



**Abb. 28** Rückbau der Sondermülldeponie Kölliken (AG) in einer hermetisch von der Umwelt abgeschirmten Sanierungshalle.

len, bei denen sich die Schadstofffreisetzung durch natürliche Abbauprozesse ohnehin laufend vermindert.

### Technische Lösungswege

Zur technischen Sanierung von Altlasten sieht die AltIV grundsätzlich zwei Möglichkeiten vor. Bei einer Dekontamination geht es darum, die umweltgefährdenden Stoffe im Boden oder im Grundwasser zu beseitigen. Gängige Verfahren dafür sind der partielle oder der vollständige Aushub von belastetem Bodenmaterial, das Abpumpen und die Reinigung von verschmutztem Wasser sowie das Absaugen von belasteter Bodenluft. Diese Techniken kommen insbesondere bei sanierungsbedürftigen Standorten mit schwer oder gar nicht abbaubaren toxischen Substanzen – wie polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) oder Schwermetallen – zum Einsatz.

Die zweite Sanierungsmöglichkeit besteht in einer Sicherung, welche den Eintrag von unerwünschten Emissionen in die Schutzgüter durch technische Massnahmen reduziert. Vor allem bei grossflächigen und tiefgründigen Ablagerungsstandorten, die mehrheitlich bereits zersetzte Rückstände von Siedlungsabfällen enthalten, wäre es unverhältnismässig und zu teuer, das gesamte belastete Material auszuheben, zumal deren weitere Zersetzung mittelfristig die Einhaltung des Sanierungsziels erlaubt. In solchen Fällen gelangen bisweilen verschiedene Sicherungsvarianten – wie zum Beispiel die

Abdichtung durch Spundwände oder Deponiegasfassungen – zur Anwendung, um bestehende oder drohende Belastungen von Schutzgütern zu unterbinden.

### Die Ziele einer Sanierung

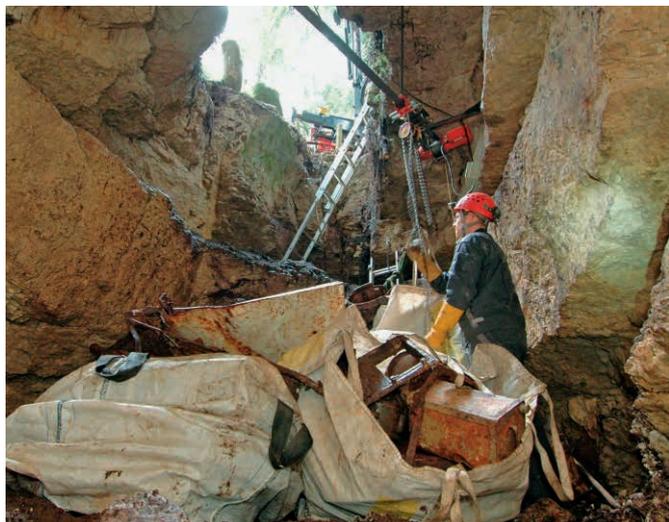
Nach Abschluss einer Altlastsanierung sollten die Schadstofflimiten der AltIV für Wasser, Boden und Luft im Normalfall dauernd unterschritten werden, sodass auch langfristig kein Sanierungsbedarf mehr besteht. Deshalb halten die Sanierungsziele in der Regel nicht fest, welche Restkonzentrationen von Schadstoffen an einem behandelten Standort verbleiben dürfen. Weil in erster Linie die umweltrelevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter und ihre Nutzung für eine Sanierung massgebend sind, verlangt die AltIV auch keine vollständige Dekontamination solcher belasteten Areale.

In der Regel werden die Vorgaben erreicht. Insbesondere bei CKW-Altlasten, die Wasservorkommen gefährden, lassen sich die Sanierungsziele jedoch nicht immer gemäss den geltenden Grenzwerten festlegen, da diese Anforderungen zum Teil technisch kaum umsetzbar sind. Dies kann etwa bei einer weiträumigen Verteilung solcher Schadstoffe im Untergrund der Fall sein. Unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt die Verordnung ausnahmsweise eine Abweichung von den definierten Limiten, wenn eine Sanierung trotzdem zu einer wesentlichen Verbesserung der Umweltsituation führt.



**Abb. 29** In-situ-Sanierungen sind technisch oft aufwändig und erfordern viel Zeit – wie diese thermische Sanierung eines mit chlorierten Kohlenwasserstoffen verunreinigten Standorts.

## Fallbeispiel der Sanierung einer Karsthöhle in La Brévine (NE): Aufräumen unter schwierigen Bedingungen



**Abb. 30** Unter schwierigen Bedingungen förderten Höhlenspezialisten tonnenweise Abfälle ans Tageslicht.

Wie zahlreiche andere Karsthöhlen mit einfachem Zugang diente auch die Grotte «Combe de la Racine» östlich von La Brévine im Neuenburger Jura der lokalen Bevölkerung jahrzehntelang als Abfalldeponie. Fachleute des Schweizerischen Instituts für Speläologie und Karstforschung (SISKA) stiessen im rund 30 Meter langen Gangsystem unter anderem auf Haushaltsmüll, zerlegte Fahrzeuge, Pneus, Autobatterien, Elektronikschrott, Farbkübel, Kleinbatterien und Kanister mit wassergefährdenden Kohlenwasserstoffen wie Motorenöl, Benzin und Lösungsmitteln. Neben zahlreichen problematischen Sonderabfällen, die selbst Jahrzehnte nach ihrer gedankenlosen Entsorgung immer noch eine Gefahr für die Wasserressourcen darstellen, fand die Räumungsgruppe bei ihrer Sanierungsaktion unter anderem auch ein Gewehr!

Der Eingang zur natürlichen Höhle liegt an der Oberfläche einer mit Nadelbäumen bestockten Weide und führt über einen stark geneigten Gang in den felsigen Untergrund. Deshalb konnten die bis 1983 im Einstiegsloch versenkten Abfälle relativ weit in die Grotte hinein geraten. Über diese Öffnung gelangen auch die Niederschläge in die Tiefe und speisen das Grundwasser.

Im etwas tiefer gelegenen Hochtal betreibt die Gemeinde La Brévine einen Pumpbrunnen für ihre Trinkwasserversorgung. Dieser liegt etwa 1,5 Kilometer vom Höhleneingang entfernt, wobei die Distanz der Altlast zur Schutzzone S3 rund 1 Kilometer beträgt. Aufgrund der hydrogeologisch sensiblen Verhältnisse – mit einer generell eher schlechten Filterwir-

kung des Bodens in Karstgebieten und raschen Fließwegen der unterirdischen Wasserläufe – befürchteten die kantonalen Umweltbehörden eine mögliche Gefährdung des Pumpbrunnens durch ausgeschwemmte Schadstoffe wie Schwermetalle und Kohlenwasserstoff-Verbindungen.

So wiesen Analysen des Deponieguts in der Höhle zum Beispiel stark erhöhte Konzentrationen von Chrom, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei nach. Im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser klassierte der Kanton die – nach Einschätzung der SISKA – am stärksten belastete Grotte auf neuenburgischem Gebiet daher als sanierungsbedürftige Altlast.

Die technisch schwierige Bergung sämtlicher Abfälle mit einem Volumen von gut 80 Kubikmetern dauerte zweieinhalb Wochen und erfolgte im Juni 2010 durch Spezialisten der SISKA unter Mithilfe von Zivildienstleistenden. Um die Rückstände in der Tiefe ans Tageslicht zu befördern, mussten sie den Höhlenausgang zuerst von einer 6 Meter mächtigen Abfallschicht befreien. Dafür kam ein spezieller Lastwagen mit Hebekran und Greifer zum Einsatz. Den Müll im steil abfallenden Grottengang verlud man manuell in Bigbags, die sich dann mithilfe eines an der Höhlendecke provisorisch montierten Schienensystems und einer Seilwinde zum Ausgang transportieren liessen. Dadurch war es möglich, Lasten von bis zu 250 Kilo auf einmal zu bewegen. Um Bodenschäden auf der völlig durchnässten Wytweide möglichst zu vermeiden, setzte man für den Abtransport der Abfälle bis zum nächsten Fahrweg ein Raupenfahrzeug ein.

Durch die weitgehende Entfernung der belasteten Rückstände haben die Gehalte umweltgefährdender Schwermetalle im Bereich des Felsuntergrunds teils markant abgenommen, wie die Resultate der Probenahmen kurz vor Abschluss der Sanierung zeigen. Die Behörde geht jedenfalls davon aus, dass die verbleibenden Humusresten in den Kalkritzen aufgrund der geringen Mengen keine Gefahr für das Grundwasser mehr darstellen.

Die rund 70 000 Franken teure Altlastsanierung in La Brévine, an der sich der Bund mit 40 Prozent der Kosten beteiligte, hat nicht nur ein potenzielles Umweltrisiko entschärft, sondern auch eine natürliche Karsthöhle wieder in ihren ursprünglichen Zustand versetzt. Dieser positive Nebeneffekt motivierte – neben dem Kanton sowie der Standortgemeinde – auch die beiden Umweltschutzorganisationen WWF und Pro Natura, sich finanziell an der Aufräumaktion zu beteiligen.

## Fallbeispiel der Sanierung einer 300-Meter-Schiessanlage in Zuzwil (SG): Entgiftung von Wies- und Weideland



**Abb. 31** Die hohe Schwermetallbelastung des Kugelfangs schränkte die landwirtschaftliche Bewirtschaftung ein.



**Abb. 32** Nach dem Abtrag der belasteten Bereiche ist die Nutzung des Geländes als Wies- und Weideland nun wieder uneingeschränkt möglich.

90 Jahre nach ihrer Eröffnung wurde die 300-Meter-Schiessanlage Züberwangen in der St. Galler Gemeinde Zuzwil Ende 2010 stillgelegt. Zurück blieb eine vor allem mit den Schwermetallen Blei (Pb) und Antimon (Sb) belastete Böschung über dem Thurtal, die jahrzehntelang als Kugelfang für acht Zielscheiben gedient hatte. In unmittelbarer Nähe gibt es kein nutzbares oder genutztes Grundwasser. Allerdings verunmöglichen die gemäss Altlasten-Verordnung überschrittenen Schadstoffkonzentrationen eine landwirtschaftliche Nutzung als Wies- und Weideland, weshalb der Standort als sanierungsbedürftig eingestuft wurde.

Die im Herbst 2011 durchgeführte Altlastsanierung erfolgte mittels einer Dekontamination des belasteten Oberbodens sowie des Untergrunds. Dabei wurde stark bleihaltiges Material mit Konzentrationen von mehr als 1000 Milligramm Pb pro Kilo (mg Pb/kg) vollständig ausgehoben und entsorgt. Als Sanierungsziel strebte man im Kernbereich des ehemaligen Kugelfangs Werte unter 50 mg Pb/kg an und in der ebenfalls verunreinigten Randzone Belastungen von weniger als 200 mg Pb/kg. Bei Messwerten über diesen Vorgaben entfernte der eingesetzte Bagger jeweils eine weitere Bodenschicht, bis die Resultate den Zielen entsprachen.

Insgesamt waren rund 930 Tonnen Aushubmaterial abzutransportieren. Rund die Hälfte davon gelangte je nach Belastungsgrad in eine lokale Deponie für Inertstoffe oder in eine regionale Reaktordeponie. Fast 470 Tonnen stark belastetes Material wurden in einem Bodensanierungszentrum bei

Gachnang (TG) nassmechanisch behandelt und der Sand- und Kiesanteil anschliessend wiederverwertet.

Nach dem Auffüllen der Baugrube mit sauberem Aushubmaterial sicherte die beauftragte Baufirma den Hangeschnitt und passte das Gelände der natürlichen Böschung an, um es abschliessend zu rekultivieren. Angesichts der erreichten Sanierungsziele gilt der Standort gemäss der Altlasten-Verordnung seit 2011 als unbelastet und ist deshalb aus dem Kataster der belasteten Standorte gestrichen worden.

Der Gesamtaufwand für die Sanierung des Kugelfangs betrug nahezu 260 000 Franken. Der Bund beteiligte sich mit einem VASA-Betrag von 64 000 Franken, was der üblichen Pauschalabgeltung von 8000 Franken pro Zielscheibe bei 300-Meter-Schiessanlagen entspricht.

## Fallbeispiel der Sanierung eines Betriebsstandorts in Waldenburg (BL): Komplexe Sanierung unter einem Gebäude



**Abb. 33** Die eingebauten Rohre im Sanierungsbrunnen dienen dazu, das mit CKW belastete Grundwasser abzupumpen und die verunreinigte Bodenluft abzusaugen.

Zwischen Waldenburg und Oberdorf im Baselbiet wurde ab 1914 eine feinmechanische Werkstätte betrieben. Zur Herstellung und Reinigung der Schrauben und Präzisionsdrehteile für die Uhrenindustrie oder den Apparatebau setzte die Décolletage-Firma beträchtliche Mengen an umweltgefährdenden Stoffen ein – so etwa mineralische Schneidöle, Leichtbenzin, chlorierte Lösungsmittel sowie polychlorierte Biphenyle (PCB). Bis zum Anschluss an die öffentliche Kanalisation Mitte der 1970er-Jahre leitete das Unternehmen seine industriellen Abwässer über eine Klärgrube in den nahen Bach Vordere Frenke ein. Kurz nach der Betriebsstilllegung im Jahr 2001 erfolgte der Eintrag des Areals in den Kataster der belasteten Standorte. Nach einer konkursamtlichen Versteigerung ist der Standort seit 2004 im Besitz einer Bank.

Wie die Analysen von Rammkernbohrungen im Rahmen der Detailuntersuchung zeigten, gelangten Schneidöl und weitere wassergefährdende Flüssigkeiten durch die Bodenplatte der alten Fabrik sowie eines 1957 erstellten Anbaus unkontrolliert in den Untergrund. Als Folge der hohen Leckverluste sickerte Öl insbesondere unter dem nördlichen Teil des Maschinensaals durch die ungesättigte Zone bis auf das Niveau des Grundwassers. Sinkt dessen Spiegel, erfolgt eine Verlagerung der Schadstoffe in die Tiefe. Noch funktioniert die Mauer zwischen Betriebsgebäude und Bach aber als Barriere für das auf dem Grundwasser schwimmende Öl. Ein zweiter Belastungsherd findet sich im Bereich der ehemaligen Klärgrube, die 2007 im Sinn einer Sofortmassnahme

geleert wurde. Hier sind Untergrund und Grundwasser auf einer Fläche von knapp 20 Quadratmetern stark mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) verunreinigt. Mit Konzentrationen von bis zu 870 Mikrogramm Perchlorethylen pro Liter Grundwasser im unmittelbaren Abstrom des belasteten Standorts werden die Vorgaben der Altlasten-Verordnung denn auch massiv überschritten. Dies gilt ebenso für die Gehalte an aliphatischen Kohlenwasserstoffen und Vinylchlorid.

Aufgrund der konkreten Gefahr für die Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer ist der Sanierungsbedarf unbestritten. Entsprechend verlangte das kantonale Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) von der Grundeigentümerin die Erarbeitung eines Sanierungsprojekts, dem die Behörde im April 2013 zustimmte. Um die weitere Kontamination der Umwelt mit CKW aufzuhalten, wird das belastete Material im Bereich der früheren Klärgrube mit einem Saugbagger ausgehoben und in einem Zementwerk entsorgt. Im Rahmen der angelaufenen Sanierung ist geplant, die Schadstoffgehalte in der gesättigten Zone durch Grundwasserabsenkung, Porenluftabsaugung sowie das Abpumpen des verunreinigten Grundwassers und dessen Behandlung («Pump and treat»-Verfahren) auf ein umweltverträgliches Mass zu reduzieren. Auch im nördlichen Teil des Areals sind die Möglichkeiten zur Sanierung der Ölverschmutzung durch die Erhaltung der bestehenden Gebäude eingeschränkt. Hier kommen drei Öldrainagen und Ölförderbrunnen sowie ein Ölabscheider zum Einsatz. Bei Gesamtkosten von gut 860 000 Franken wird die Sanierungsdauer auf ein bis anderthalb Jahre geschätzt.

Weil die betreffende Bank bei ihrer Übernahme des Standorts um die Belastung wissen musste, gilt sie als Zustandsstörer und hat gestützt auf das Altlastenrecht einen Viertel der Sanierungskosten selber zu tragen. Die restlichen 75 Prozent im Umfang von knapp 650 000 Franken gelten als Ausfallkosten, für die der Kanton aufkommt. Der zugesicherte Bundesbetrag beläuft sich auf fast 260 000 Franken.

## Fallbeispiel der sanierten Deponiealtlast Prà Dadora in Tschlin (GR): Zulässige Abweichung vom Sanierungsziel



**Abb. 34** Ein Bild aus alten Tagen: Betriebsphase der Siedlungsabfalldeponie in Tschlin (GR).

Die Reaktordeponie Prà Dadora in Tschlin (GR) wurde von 1984 bis Ende 1995 hauptsächlich als regionale Kehrichtdeponie für die Gemeinden des Unterengadins und Samnaun betrieben. Sie umfasst ein Volumen von rund 80 000 Kubikmetern, weist eine Mächtigkeit von 10 bis 13 Meter auf und steht quer zum Tal, so dass der Deponiekörper auf drei Seiten dem Wind ausgesetzt ist. Nach der Schliessung deckte man die abgelagerten Siedlungsabfälle mit Material aus einem Tunnelausbruch ab.

Beim Bau verzichtete die Vereinigung Pro Engiadina Bassa als verantwortliche Betreiberin auf eine Basisabdichtung und erstellte die Anlage direkt auf einer Schwemmlandterrasse des Inns. Aufgrund des Flurabstands von rund 30 Metern zu einem räumlich sehr beschränkten und nicht nutzbaren Grundwasservorkommen, das ungefähr auf der Höhe Talflusses liegt, wurde die Gefahr einer Gewässerverschmutzung damals als gering eingeschätzt.

Das für die Aufsicht zuständige Amt für Natur und Umwelt (ANU) des Kantons Graubünden entnimmt am Fuss der Deponie sowie in ihrem näheren und weiteren Zustrom- und Abstrombereich bereits seit 1983 halbjährlich Wasserproben. Die Analysen des Grundwassers unterhalb der Kehrichtablagerungen zeigten dabei während Jahren zum Teil sehr hohe Ammoniumkonzentrationen – mit Gehalten deutlich über dem Sanierungswert der Altlasten-Verordnung. Auch fanden sich gelegentlich übermässig hohe Schwermetallwerte.

Weil belastetes Sickerwasser aus dem Deponiekörper ungehindert ins Grundwasser austrat, klassierte das ANU den Standort im Jahr 2000 als sanierungsbedürftige Altlast. Da jedoch kein nutzbares Grundwasser betroffen ist und im Inn auch keine Sickerwasseraustritte erkennbar waren, wich man vom Sanierungsziel ab, wie es auch die Altlasten-Verordnung vorsieht. Zu den schliesslich verfügbaren Sanierungsmassnahmen zählen unter anderem die Reduktion der Sickerwasserneubildung, ein Unterbinden der Versickerung von Deponiesäften ausserhalb der Anlage sowie ein passives Entgasungssystem mit Gasfenstern und Biofiltern aus Kompost, um die Eigenatmung des Deponiekörpers und damit dessen Langzeitstabilität zu gewährleisten. Die im Jahr 2009 abgeschlossenen Sanierungsmassnahmen sind so festgelegt, dass sie die natürliche Zersetzung des abbaubaren organischen Deponiematerials unter aeroben Bedingungen ermöglichen. Damit sollen der Austrag von Ammonium gestoppt und die Schwermetalle im Deponiekörper fixiert werden.

Bedingt durch die gewählte Methode wird sich der langfristige Erfolg dieser Sanierung erst in einigen Jahren definitiv beurteilen lassen. Nach Einschätzung des ANU sollte sich innerhalb von 10 bis 15 Jahren ein Zustand einstellen, der den Anforderungen der Konzentrationswerte für Grundwasser gemäss der AltIV genügt. So lange wird das Überwachungsprogramm – unter anderem mittels regelmässiger Deponiegasmessungen, Sickerwasser- und Grundwasseranalysen – weitergeführt. Zudem umfassen die kantonalen Auflagen auch eine Berichterstattung über die Entwicklung der Deponie zwei und vier Jahre nach Abschluss der baulichen Massnahmen. Dabei besteht das Ziel der kantonalen Behörden darin, den Bedarf einer künftigen Überwachung besser einschätzen zu können.

Wie bei Deponien der öffentlichen Hand üblich, hat sich der Bund mit 40 Prozent oder rund 73 000 Franken an den abgeltungsberechtigten Sanierungskosten beteiligt.

Stand der Altlastensanierung

## > Die grossen Sanierungen sind angelaufen

*Anfang 2015 waren hierzulande fast 900 der rund 4000 erforderlichen Altlastensanierungen abgeschlossen. Zahlreiche weitere Dekontaminationen von belasteten Standorten mit einem erheblichen Gefährdungspotenzial für die Umwelt sind in Gang – darunter auch die Totalsanierungen der grossen Sondermülldeponien in Kölliken, Bonfol und Monthey.*

Nach den Vorgaben des Bundes müssen sämtliche Altlasten, von denen eine akute Gefahr für die Umwelt ausgeht, prioritär saniert werden. In den vergangenen Jahren haben die beauftragten Fachleute denn auch bereits hunderte von belasteten Standorten mit untragbaren Risiken erfolgreich dekontaminiert. Erhebungen des BAFU listen bis März 2015 nahezu 900 abgeschlossene Fälle auf. Dazu kommen dutzende von verunreinigten Arealen, bei denen die entsprechenden Arbeiten noch andauern. In diese Kategorie fallen zum Beispiel auch die über mehrere Jahre laufenden Totalsanierungen der früheren Sondermülldeponien in Bonfol (JU), Monthey (VS) und Kölliken (AG). Allein für diese drei Standorte betragen die geschätzten Gesamtkosten nahezu 1,5 Milliarden Fran-

ken, was immerhin fast 30 Prozent des Gesamtaufwands für die Altlastenbearbeitung in der Schweiz entspricht.

### Dekontamination durch Aushub

Wie bei diesen drei gravierenden Fällen ist die Dekontamination durch Aushub das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Verfahren. So erfolgten rund 90 Prozent der bislang abgeschlossenen Sanierungen nach dieser Methode. Die weitere Behandlung der ausgehobenen Abfälle sowie des verunreinigten Untergrunds hängt von deren Zusammensetzung ab. Sind Rückstände beispielsweise mit organischen Schadstoffen belastet, können sie thermisch behandelt werden – bei gerin-



**Abb. 35** Die Totalsanierung der Sondermülldeponie Bonfol (JU) begann 2010 – fast 35 Jahre nach ihrer Stilllegung.



**Abb. 36** Der Rückbau der Chemiemülldeponie Pont Rouge in Monthey (VS) erfolgte in einer verschiebbaren Sanierungshalle.

ger Verschmutzung zum Beispiel in Zementwerken, was zum Teil auch eine Weiterverwendung im Bausektor ermöglicht. Verunreinigungen durch anorganische und wasserlösliche Substanzen – wie etwa Salze – lassen sich durch hohen Wasserdruck von Steinen, Kies und Sandkörnern abschwemmen und anschliessend aus dem Waschwasser entfernen. Nach der sogenannten Bodenwäsche kommt für die gesäuberten Fraktionen zum Teil ebenfalls ein Baustoffrecycling in Frage.

Die restlichen Aushubmengen oder nicht verwertbare behandelte Abfälle gelangen in Deponien, wobei der Schadstoffgehalt darüber entscheidet, ob diese Rückstände in schweizerischen Reaktordeponien oder in ausländischen Untertagedeponien eingelagert werden. Dafür eignen sich trockene, stillgelegte Bereiche von Salzbergwerken tief unter der Erdoberfläche und weitab von genutzten Wasservorkommen. Die Exporte beschränken sich meistens auf schwermetallhaltige Rückstände oder auf die Entsorgung von organischen Abfällen in thermischen Anlagen zur Bodenbehandlung und Sonderabfallverbrennung, weil dafür die Kapazitäten in der Schweiz fehlen.

### Relativ wenige In-situ-Sanierungen

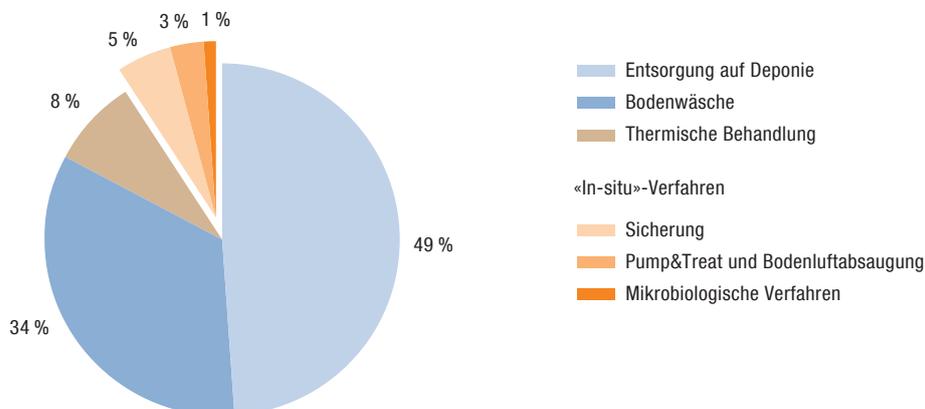
Mit einem Anteil von rund 10 Prozent bilden Sanierungen von Altlasten durch Behandlungen belasteter Böden und Grundwasservorkommen vor Ort eher die Ausnahme. Diese In-situ-Verfahren umfassen insbesondere die Entnahme und tech-

nische Aufbereitung von belastetem Grundwasser, das zum Beispiel mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) verunreinigt ist, oder das Absaugen von verschmutzter Bodenluft. Bei den mikrobiologischen Techniken geht es primär darum, den natürlichen Schadstoffabbau durch Bakterien zu fördern, die im Untergrund etwa versickertes Mineralöl zersetzen können. Die Aktivität solcher Mikroorganismen lässt sich durch Zugabe von geeigneten Hilfsstoffen steigern.

Ein entscheidender Nachteil der In-situ-Methoden ist die oft lange Sanierungsdauer. Bei grossflächigen Belastungen, deren Ausdehnung zudem nicht genau bekannt ist, kann es Jahre dauern, bis die Schadstoffkonzentrationen wieder unter die zulässigen Grenzwerte sinken. Problematisch ist dabei oft, dass der mikrobiologische Abbau in seiner Ausdehnung wie auch dessen Randbedingungen kaum kontrollierbar und beeinflussbar sind.

In die Kategorie der In-situ-Verfahren fallen auch Sicherungsmassnahmen. Sie werden vorab bei Deponie-Altlasten umgesetzt, sofern diese nur wenige oder gar keine langlebigen problematischen Chemieabfälle aus Industrie- und Gewerbebetrieben enthalten. Bedingung ist, dass die biologischen Abbauvorgänge in einem belasteten Deponiekörper – und damit auch die Bildung der Gase Methan und Kohlendioxid – nach ein bis zwei Generationen weitgehend abgeschlossen sind. Die Ziele einer Sicherung bestehen unter anderem darin, Belastungen der Schutzgüter durch verunreinigtes Sickerwasser oder durch den unkontrollierten Austritt von Deponiegasen bis zur vollständigen Mineralisation der abgelagerten Abfälle

Sanierungsverfahren



**Abb. 37** Auswertung der bis März 2015 abgeschlossenen Altlastensanierungen nach den angewandten Verfahren. Weil pro Standort oft mehrere Behandlungs- und Entsorgungsverfahren zum Einsatz kommen, liegt die Gesamtzahl der Nennungen (2000) deutlich über derjenigen der Sanierungsfälle.

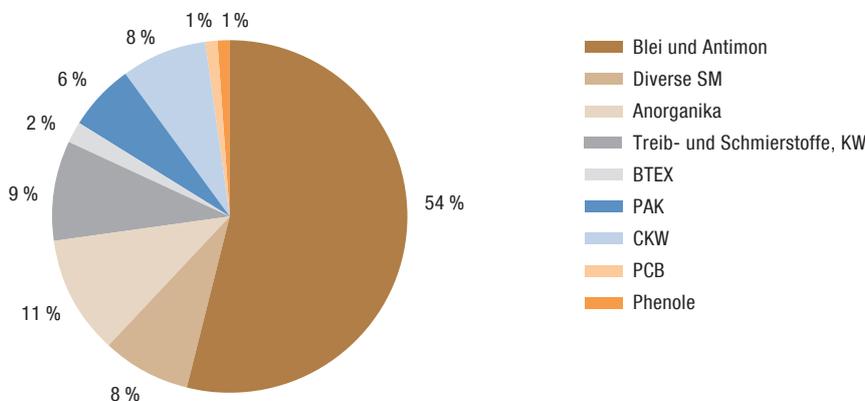
möglichst zu verhindern oder zumindest zu reduzieren. Dafür eignen sich etwa nachträglich eingebaute Oberflächensicherungen oder Dichtwände, die das sonst eindringende Sicker- oder Grundwasser vom Deponiekörper abhalten.

### Sanierungsauslösende Schadstoffe

Bei über 80 Prozent der bislang sanierten Areale handelt es sich um Betriebsstandorte. Dabei machen allein die der entsprechenden Kategorie zugehörigen Schiessanlagen mehr als die Hälfte sämtlicher Sanierungen aus. Ein wesentlicher Grund dafür ist eine in der Zwischenzeit revidierte Frist im eidgenössischen Umweltschutzgesetz. Sie wollte Bundesabteilungen ursprünglich nur für Anlagen gewähren, die bis zum 1. November 2008 stillgelegt oder auf künstliche Kugelfänge umgerüstet waren. Für sanierungsbedürftige Anlagen ausserhalb von Grundwasserschutz-zonen gilt mittlerweile eine Fristverlängerung bis zum Jahr 2020. Für Schiessanlagen innerhalb von Grundwasserschutz-zonen ist die Frist bereits Ende 2012 abgelaufen.

Die vorläufige Dominanz der Schiessanlagen wirkt sich auch deutlich auf die Statistik der sanierungsauslösenden Schadstoffe aus. So lässt sich der mit über 60 Prozent hohe Anteil an Schwermetallen in erster Linie auf die in der Waffenmunition enthaltenen Stoffe Blei und Antimon – und die entsprechende Verunreinigung der Kugelfänge – zurückführen. Die verschiedenen organischen Verbindungen machen zusammen gut 25 Prozent aus, wobei hier weitverbreitete Kohlenwasserstoffe wie Treib- und Schmierstoffe auf Mineralölbasis sowie die langlebigen PAK und CKW überwiegen.

Sanierungsauslösende Schadstoffe (Anfang 2015)



**Abb. 38** Auffallend ist der hohe Anteil an Blei und Antimon aufgrund der vielen sanierten Schiessanlagen.

## Fallbeispiel: Totalsanierung der ehemaligen Sondermülldeponie Pont Rouge in Monthey (VS): Chemikalienrückstände bedrohen das Grundwasser

Seit über 100 Jahren werden in der Unterwalliser Kleinstadt Monthey Chemikalien produziert. Diese lange Industriegeschichte hat in den Böden der näheren Umgebung ihre Spuren hinterlassen, denn die vor Ort abgelagerten Rückstände gefährden insbesondere das genutzte Grundwasser. Inzwischen kümmert sich die Firma Cimo – ein Gemeinschaftsunternehmen der heute dort ansässigen Betriebe BASF und Syngenta – um die Sanierung der Altlasten. Dazu gehört auch die zwischen 1957 und 1979 von der chemischen Industrie betriebene Sondermülldeponie Pont Rouge. Sie liegt im Südosten des weiträumigen Werkgeländes und folgt auf einer Länge von rund 600 Metern der SBB-Bahnlinie zwischen St-Maurice (VS) und dem Südufer des Genfersees. Beidseitig der Schienen wurden dort auf einer Breite von insgesamt 50 Metern rund 70 000 m<sup>3</sup> Abfälle abgelagert und danach mit Erde zugedeckt. Dabei handelt es sich vor allem um Rückstände aus der Produktion von Farbstoffen und Agrochemikalien sowie um mineralische Stoffe wie Aschen und Bauschutt.

Weil die Deponie nicht über eine Abdichtung verfügt, beeinträchtigte ihr Sickerwasser, das vor allem mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) belastet ist, die lokalen Grundwasservorkommen. Aufgrund dieser Ausgangslage erachtete die kantonale Vollzugsbehörde eine Sanierung als dringlich. Das entsprechende Projekt umfasste einen Aushub sämtlicher Abfälle und des am stärksten belasteten Materials im Untergrund. Anschliessend sollen tiefer liegende Verschmutzungen mittels einer thermischen Behandlung in situ behandelt werden. Vorgesehen ist, fast 5 Tonnen VOC zu eliminieren, die den Grund der ehemaligen Industriedeponie bis in eine Tiefe von 6 Metern durchdringen.

Gemäss dem ursprünglich festgelegten Zeitplan konnte man die rund drei Jahre dauernden Aushubarbeiten im Mai 2015 abschliessen. Während diesem Zeitraum entfernte die Firma Cimo neben 70 000 m<sup>3</sup> Abfällen auch 40 000 m<sup>3</sup> verunreinigtes Erdreich und natürliches Material aus dem Untergrund. Die ausgebaggerten Mengen wurden vorbehandelt, in luftdichte Container verpackt, über zwei Schleusen aus der Halle verfrachtet, mit Lastwagen zum Verladebahnhof St-Triphon befördert und dann per Bahn in verschiedene Entsorgungsanlagen spedit. Für die Transporte nach Deutschland und Holland sowie die Verwertung eines Teils der Rückstände in einem Schweizer Zementwerk hat das BAFU die notwendigen Genehmigungen erteilt. Um den Abbau der lokal im Untergrund versickerten Schadstoffe zu beschleunigen, plant das verantwortliche Unternehmen zwischen Juli

2015 und Januar 2016 zudem den Betrieb einer thermischen Behandlung. Danach wird die Quelle der Schadstoffbelastungen weitgehend eliminiert sein.

### Rückbau in einer luftdichten Halle

Obwohl die durchgeführten Studien lediglich ein geringes Störfallrisiko ergaben, wurden verschiedene Massnahmen zum Schutz des Baupersonals sowie der Anwohnerschaft und Umwelt getroffen. So erfolgten die Aushubarbeiten weitgehend in einer hermetisch abgedichteten Stahlhalle, die sich mit dem Fortschritt des Deponierückbaus verschieben liess. Zur Vermeidung allfälliger Emissionen von umweltgefährdenden Stoffen in die Umgebungsluft herrschte in der Halle ein leichter Unterdruck. Zudem wurde die Luft laufend erneuert und vor der Freisetzung mittels Staub- und Aktivkohlefiltern gereinigt. Zusätzlich bestand ein Überwachungssystem mit Kameras sowie Rauch- und Wärmemeldern, welche rund um die Uhr mit dem Kommandoraum des benachbarten Industriegeländes verbunden waren.

Um eine diffuse Ausbreitung der Schadstoffe im Untergrund zu verhindern, wird das am stärksten belastete Grundwasser seit 2009 abgepumpt und vor Ort behandelt. Diese hydraulische Barriere betreibt man auch künftig weiter, bis die Ziele der Altlastensanierung erreicht sind.

Die vollumfänglich von BASF und Syngenta getragenen Gesamtkosten belaufen sich auf 100 bis 120 Millionen Franken. Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten, die von der Walliser Dienststelle für Umweltschutz begleitet werden, ist eine regelmässige Überwachung des Standorts vorgesehen. Sie soll solange dauern, bis die von den kantonalen Behörden festgelegten Sanierungsziele erreicht sind. Gleichzeitig erfahren die bereits sanierten und wiederaufgefüllten Deponiebereiche eine ökologische Aufwertung sowie eine Erschliessung für den Langsamverkehr.

## Fallbeispiel der Sicherung einer grossen Kehrichtdeponie in Baar und Neuheim (ZG): Schutz einer wichtigen Quellwasserleitung



**Abb. 39** Bau eines Kontrollschachts zur Untersuchung und Sanierung der Kehrichtdeponie Baarburg (ZG).



**Abb. 40** Der neu erstellte Trinkwasserstollen zur Versorgung der Stadt Zürich liegt nun nicht mehr unter dem Deponiegelände.

Die ehemalige Kehrichtdeponie Baarburg im Kanton Zug liegt oberhalb von Walterswil im Bereich eines flachen Geländesattels zwischen zwei ausgeprägten Hügeln. Ihre Anfänge gehen auf die frühen 1960er-Jahre zurück, als im Abstrom der damals noch zahlreichen Gemeindedepo­nien immer häufiger Umweltprobleme in den Oberflächengewässern sowie im Grundwasser auftraten. Der Zuger Kantonsrat fürchtete um die Qualität der Trinkwasserressourcen durch belastete Sickersäfte und beschloss deshalb 1963 den Bau einer zentralen Mülldeponie, die der Kanton errichten und betreiben sollte. Gut 80 Prozent der benötigten Fläche von 5,4 Hektaren stellten private Grundeigentümer zur Verfügung. Ihnen wurde ausdrücklich zugesichert, sie seien von jeder Haftung und Verantwortung für allfällige Folgen des Deponiebetriebs entlastet.

Zwischen 1964 und 1981 gelangten insgesamt 2 Millionen Kubikmeter lose Siedlungsabfälle auf das Areal. Aufgrund der Verfestigung und Zersetzung beträgt deren Volumen heute noch etwa 0,5 Millionen Kubikmeter. Durch den normalen bakteriellen Abbau der organischen Rückstände traten gegen Ende der 1990er-Jahre zunehmend Setzungen innerhalb des Deponiekörpers auf, die auch in Zukunft anhalten werden. Weil der torfige Untergrund seit Beginn der Auffüllung um bis zu 4 Meter abgesackt ist, verläuft auch die alte Hauptdrainageleitung zur Ableitung des Hang- und Sickerwassers im zentralen Deponiebereich auf deutlich tieferem

Niveau als ursprünglich konzipiert. 2005 durchgeführte Sondierungen zeigten denn auch, dass die Basisentwässerung nicht mehr funktionierte, weshalb zwei Drittel des Deponiekörpers unter Wasser standen.

Das Fehlen einer Basisabdichtung und einer wirksamen Entwässerung der bis zu 20 Meter mächtigen Kehrichtdeponie führte bereits in den 1960er-Jahren zu Problemen im Baarburgstollen. Dieser quert das Deponieareal auf einer Länge von fast 400 Metern und führt Quellwasser aus dem Lorzetobel. Durch Setzungsrissen im Gewölbe trat damals belastetes Deponiesickerwasser in den Stollen ein und verunreinigte das damals noch in einem offenen Gerinne fliessende Trinkwasser, das die Wasserversorgung der Stadt Zürich seit 1903 via Sihlbrugg in ihr Leitungsnetz einspeist. Wegen der starken bakteriologischen Belastung durch den Deponiebetrieb musste das – insbesondere auch für die Notwasserversorgung von mehreren hunderttausend Personen wichtige – Quellwasser umgeleitet werden. Um das weitere Einsickern von Schadstoffen und Krankheitserregern wirksam zu unterbinden, zog man gegen Ende der 1960er-Jahre im gesamten Deponiebereich ein schützendes Stahlrohr in den Stollen ein.

Da sich jedoch unter der Last des eingelagerten Kehrichts auch der Baarburgstollen senkt, ist die Stahlleitung von der fortschreitenden Setzung ebenfalls betroffen, wie eine 2005 durchgeführte Überprüfung mittels Kanalfernsehen bestätigte. Die zunehmende Deformation dieser Trinkwasser-



**Abb. 41** Die inzwischen abgeschlossene Sicherung der Deponie umfasste auch eine Oberflächenabdichtung und fachgerechte Rekultivierung.

leitung sowie eine teils massive Überschreitung der Schadstoffkonzentrationen im Deponiesickerwasser hat den Kanton Zug bewogen, den Stollen für den Transport des Quellwassers zu verlegen und aus Sicherheitsgründen ausserhalb des Deponieperimeters zu führen.

Ein wichtiger Grund für die Altlastensanierung war auch die Verschmutzung des nahen Baarburgbachs, dessen Wasserqualität vor allem bei Trockenheit mit entsprechend geringer Wasserführung beeinträchtigt wurde. So enthielt das eindringende Deponiesickerwasser unerwünschte Fremdstoffe, deren Gehalte die Grenzwerte der Altlasten-Verordnung zum Teil um das Hundertfache und mehr übertrafen. Problematisch sind in diesem Zusammenhang etwa die Fischgifte Ammonium und Nitrit sowie die stark erhöhten Konzentrationen von chlorierten Kohlenwasserstoffen.

### Sicherung statt Totalsanierung

Eine Totalsanierung der Deponie Baarburg mit dem Ausräumen sämtlicher Abfälle hätte ungefähr 150 Millionen Franken gekostet. Fachleute erachteten diese Variante übereinstimmend als unverhältnismässig und zu aufwendig – genauso wie die Umlagerung des Kehrriechts oder den Bau tiefer Sickergräben und einer Ringleitung, welche das zufließende Fremdwasser weitgehend abhalten sollten.

Die inzwischen für insgesamt rund 12 Millionen Franken realisierte Sanierungsvariante umfasst – zusätzlich zum verlegten Trinkwasserstollen – eine Trennung des Deponiesickerwassers vom sauberen Hang- und Quellwasser sowie seine separate Ableitung. Teil des Projekts sind zudem die Wiederherstellung der zerstörten Entwässerungsleitungen auf der Deponiebasis sowie eine Oberflächenabdichtung und fachgerechte Rekultivierung, die fortan eine uneingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen sollte. Dank neu erstellter Gasbrunnen kann das sich bildende Methangas auch aus tieferen Schichten abgesaugt und der Deponiekörper später belüftet werden. Dabei bleibt das bestehende Entgasungssystem weiterhin in Betrieb. Längerfristiges Ziel ist ein stabiler Zustand ohne aktive Entgasungsmassnahmen und unkontrollierte Gasaustritte in die Umgebung.

Damit lassen sich die in der Altlasten-Verordnung festgelegten Sanierungsziele erreichen. Allerdings bleibt die Deponie Baarburg weiterhin überwachungsbedürftig und erfordert noch während Jahrzehnten periodische Unterhaltmassnahmen, um einen kontrollierten Gas- und Wasserhaushalt zu sichern. Nach 30 bis 50 Jahren dürften die von der sanierten Reaktordeponie ausgehenden Gas- und Sickerwasseremissionen bereits stark abgenommen haben.

## Fallbeispiel In-situ-Sanierung: Standort einer chemischen Reinigung in Zuchwil (SO): Perchloroethylen aus dem Grundwasser entfernen



**Abb. 42** Das abgepumpte Grundwasser durchläuft eine Strippanlage und die CKW werden dabei entfernt.

Auf einem Gewerbeareal im solothurnischen Zuchwil, wo heute unter anderem das Kino Canva steht, betrieb eine inzwischen konkursite und damit nicht mehr zahlungsfähige Firma vor Jahrzehnten eine chemische Textilreinigung. Durch die kontinuierliche Freisetzung von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) ist der Untergrund noch immer erheblich mit diesen wassergefährdenden und biologisch kaum abbaubaren Lösungsmitteln verschmutzt. Im Nahbereich der Schadstoffquelle ermittelte die Umweltbehörde hohe Perchloroethylen-Konzentrationen, welche die Grenzwerte der Altlasten-Verordnung von 20 Mikrogramm pro Liter Wasser um rund das 2000-Fache überschreiten. Weil sich die Chemikalien über das Grundwasser ausbreiten, kam das kantonale Amt für Umwelt (AfU) zum Schluss, die CKW-Belastung könnte unter ungünstigen Umständen auch die zwei nahe gelegenen Grundwasserpumpwerke Rötiquai und Aarmatt gefährden. Das Pumpwerk Rötiquai dient heute nur noch der Brauchwasserversorgung, während die Fassung Aarmatt von der Stadt Solothurn zur Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Der belastete Standort im Bereich Schnepfenmatt-Canva ist allerdings dicht überbaut, und aufgrund der geologischen Verhältnisse sowie des Grundwasserstands gilt der Untergrund als äusserst setzungsempfindlich. Gestützt auf eine Variantenstudie, waren deshalb mehrere Gutachter der Meinung, es existiere kein geeignetes Verfahren zur nachhaltigen Sanierung der gravierenden Altlast zu vertretbaren Kosten und Risiken.

Erst ein Neubauprojekt der Firma Synthes auf einer Nachbarparzelle erbrachte ab 2009 den praktischen Nachweis, dass eine erfolgreiche hydraulische Sanierung auch ohne Gefahr von Setzungen und Gebäudeschäden machbar ist. Weil das in der Baugrube abgepumpte Grundwasser ebenfalls mit ausgeschwemmten CKW der Canva-Altlast belastet war, mussten hier mehrere zehntausend Kubikmeter Wasser einen technischen Reinigungsprozess – das heisst eine Strippanlage mit einem nachgeschalteten Aktivkohlefilter – passieren. Auf diese Weise gelang es, innert sieben Monaten gut 230 Kilogramm Perchloroethylen aus dem Untergrund zu holen. Nach Rücksprache mit den betroffenen Grundeigentümern entschied das AfU deshalb, auch das Canva-Gelände mit derselben Technologie zu sanieren. Um die Absenkung des Wasserspiegels im Bereich der Gebäude möglichst gering zu halten und damit Setzungen zu verhindern, wird ein Grossteil des aus dem obersten Grundwasserleiter abgepumpten Wassers nach erfolgter Vorreinigung und dem Durchlaufen eines speziellen Aktivkohle- und Sandfilters wieder vor Ort versickert. Die Sanierungsbrunnen entnehmen das Wasser in unterschiedlichen Tiefen und sind über Schläuche mit der zentralen Pump- und Reinigungsanlage verbunden. Da diese in einem Gebäude steht, ist von der sogenannten Pump and treat-Methode nicht viel zu sehen.

Obwohl im Rahmen früherer Testphasen sowie des Neubauprojekts und der seit 2011 laufenden Sanierung auf dem Canva-Areal bis zum Sommer 2013 über 420 Kilogramm CKW aus dem Untergrund entfernt werden konnten, signalisieren die bisherigen Grundwasseranalysen in der näheren Umgebung noch keine relevante Abnahme der Schadstoffbelastung. Das AfU geht denn auch von einer 5 bis 8 Jahre dauernden Sanierungsperiode aus. Man hofft, die Perchloroethylen-Konzentrationen seien danach unter die Grenzwerte der AltIV gesunken.

Die komplexe Sanierung im überbauten Gebiet erfordert eine aufwendige Überwachung der Gebäude mit Neigungsmessgeräten sowie kontinuierliche Messungen des Grundwasserniveaus, die auch zur Steuerung der Anlage dienen. Bei diesem Monitoring hat sich gezeigt, dass natürliche Anstiege des Grundwasserspiegels durch Starkniederschläge und die Schneeschmelze jeweils zu höheren CKW-Gehalten führen.

Die vom Kanton Solothurn zu tragenden Ausfallkosten für Projektierung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und Überwachung der Sanierungsanlage beliefen sich im ersten Betriebsjahr auf über 1,7 Millionen Franken. Davon hat der Bund knapp 700 000 Franken übernommen.

Win-win-Situationen bei Bauprojekten

## > Umnutzung von belasteten Industriebrachen

*In den Zentren und Agglomerationen gibt es grosse Industriegelände, die heute nicht mehr als Produktionsstandorte genutzt werden. Durch die Sanierung solcher Flächen und eine anschliessende Umnutzung entstehen an bester Lage attraktive Quartiere.*

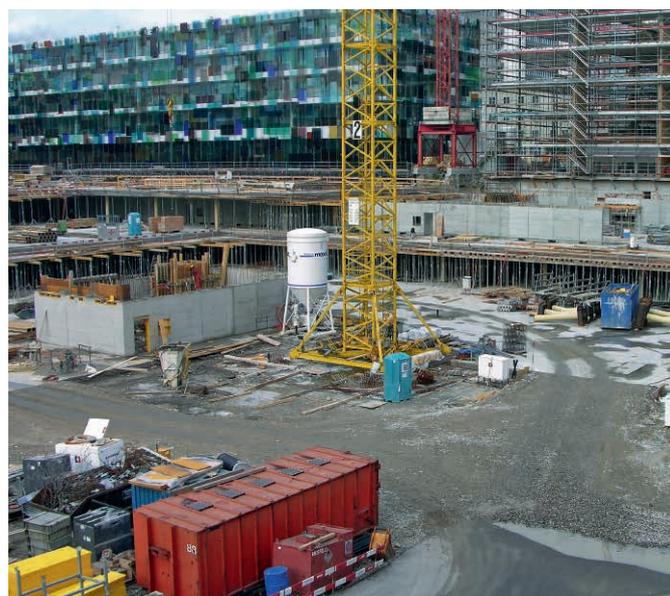
Der zunehmende Wandel der Schweiz von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft hat vor allem in den vergangenen 30 Jahren zu einer starken Redimensionierung des industriellen Sektors geführt. Allein im Lauf der 1990er-Jahre sind hierzulande rund 150 000 Fabrikarbeitsplätze verschwunden. Die Schwerindustrie ist weitgehend abgewandert, und im Zuge der Globalisierung haben die Betriebe tausende von Jobs in Billiglohnländer ausgelagert. Zudem erfordern neue Fertigungsverfahren, die fortschreitende Miniaturisierung sowie gestraffte Produktionsabläufe heute viel weniger Platz als noch in den 1980er-Jahren. Insbesondere in den Städten und Agglomerationen des Mittellandes sind dadurch zahlreiche grossflächige Industrie- und Gewerbeareale frei geworden.

Eine 2004 durchgeführte Erhebung des Bundes bezifferte die Brachen auf rund 380 Objekte mit einer Mindestgrösse von 1 Hektare und einer Gesamtfläche von gut 17 Quadratkilometern. Das entsprechende Entwicklungspotenzial im bereits überbauten Gebiet entspricht damit ungefähr der Grösse der Stadt Genf und würde Platz für fast 200 000 Einwohner sowie 13 000 Unternehmen mit rund 140 000 Arbeitsplätzen bieten.

Bei zentrumsfernen Standorten sind die mit der Belastung verbundenen Kostenrisiken häufig ein wichtiger Hinderungsgrund für die rasche Umnutzung oder Neuüberbauung solcher Areale. So fürchten potenzielle Investoren etwa den administrativen Aufwand, Projektverzögerungen und schlecht kalkulierbare Kosten, wenn auf einer Industrie- oder



**Abb. 43** Industriebrachen bergen ein grosses Potenzial zur städtebaulichen Aufwertung der Zentren.



**Abb. 44** Vom Industriestandort zum modernen Forschungszentrum: Der Novartis-Campus in Basel wertet auch das Rheinufer auf.

Gewerbebrache im Zuge der Untersuchungen oder sogar während der Bauarbeiten sanierungsbedürftige Altlasten zum Vorschein kommen. Obwohl tatsächlich viele dieser Standorte mit Produktionsrückständen belastet sind, besteht längst nicht in jedem Fall ein Sanierungsbedarf. Oft genügt schon eine Triage und fachgerechte Entsorgung der beim Bauaus-hub freigelegten Abfälle.

Aus ökologischer, volkswirtschaftlicher und städtebau-licher Sicht befürworten die Behörden eine verstärkte Nut-zung brachliegender Industriearaele. Denn dadurch wird die Sanierung allfälliger Altlasten beschleunigt, und die Sied-lungsentwicklung erfolgt nach innen statt auf der grünen Wiese, was die begrenzte Ressource Boden schont. Weil die meisten Brachflächen in Gemeinden mit einer guten Stand-ortqualität liegen, sind sie zudem verkehrstechnisch oft schon bestens erschlossen. Auch die Versorgung mit Trinkwasser, Strom, Erdgas und Kommunikationsdienstleistungen sowie die Abwasser- und Abfallentsorgung bestehen in der Regel bereits. Damit entfällt für die öffentliche Hand der finanzia-elle Aufwand einer Neuerschliessung – ein Vorteil, der sich dämpfend auf die Kosten für den Bau, Betrieb und Unterhalt von Infrastrukturanlagen auswirkt. Wo Brachen verschwin-den, nimmt nicht zuletzt auch die Attraktivität der beste-henden Siedlungsräume zu, wie etwa erfolgreiche Beispiele von grossflächigen Quartierernewungen in den klassischen Industriestädten Winterthur, Baden, Biel oder Thun belegen.

## Anreize der öffentlichen Hand

Um Umnutzungen von Brachflächen zu fördern, empfiehlt sich ein entsprechendes Engagement der Kantone und Standortge-meinden bei der Richtplanung sowie beim Erarbeiten kommu-naler Nutzungspläne. Zudem sollte die öffentliche Hand im Dienst der Sache partnerschaftlich mit privaten Grundeigen-tümern und Arealentwicklern zusammenarbeiten.

Wo Altlasten saniert werden müssen, kann die Über-nahme der Ausfallkosten durch das Gemeinwesen als starker finanzieller Anreiz wirken.

## Aufwertung der Gewässerlebensräume

So wie Umnutzungsprojekte ehemalige Industrie- und Ge-werbebestandorte städtebaulich aufwerten und gleichzei-tig jahrzehntelang bestehende Umweltbeeinträchtigungen reduzieren, kommt es auch bei den zahlreichen Gewässer-revitalisierungen und Hochwasserschutzprojekten zu Win-win-Situationen. Vor allem entlang von Flüssen bietet die gesetzlich verankerte Aufwertung der Gewässerlebensräume die Möglichkeit, umweltbelastende Rückstände in Ufernähe definitiv zu beseitigen. Weil Industriebetriebe aus energeti-schen Gründen früher Standorte in Ufernähe bevorzugten, sind viele dieser Areale mit Abfällen belastet. Die angelaufene Umgestaltung der grösseren Fliessgewässer lässt sich hier mit der Altlastensanierung und der umweltgerechten Entsorgung früherer Ablagerungen kombinieren. Dank diesen Renaturie-rungen entstehen nicht nur neue Lebensräume für Tiere und Pflanzen, sondern auch beliebte Naherholungsgebiete.



**Abb. 45** Oft beschleunigt die Neuüberbauung von Betriebs-standorten die Sanierung allfälliger Altlasten.

## Fallbeispiel der Sanierung eines ehemaligen Gaswerkareals in Delsberg (JU): Flächenrecycling im Stadtzentrum

In der Nähe des Bahnhofs von Delsberg (JU) wurde zwischen 1875 und 1903 ein Gaswerk betrieben, das Kohle destillierte, um damit Stadtgas für den lokalen Verbrauch zu gewinnen. Nach Ablauf der 30-jährigen Konzession liquidierte man die verantwortliche Gesellschaft Société du gaz de Delémont, und auf dem ehemaligen Betriebsgelände entstanden Wohngebäude, die bis zum Abbruch im Januar 2011 bestehen blieben. Das gut 3000 Quadratmeter grosse Areal wird im Norden durch die Ufermauer des Fliessgewässers Sorne begrenzt. Ihm folgt ein Grundwasservorkommen, das bei Niedrigwasser auch den kleinen Fluss speist.

In Zusammenhang mit dem Projekt einer lokalen Immobilienfirma für ein Mehrgenerationenhaus mit über 40 Wohnungen verlangte der Kanton Jura unter anderem eine technische Untersuchung des Standorts. Dabei fanden sich in der 3 bis 4 Meter mächtigen Schicht aus durchlässigen Schotterablagerungen sowie im Grundwasser unmittelbar unter dem früheren Gaswerk hohe Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), insbesondere Benzo(a)pyren und Benzol. Mit Gehalten von 23 Mikrogramm pro Liter ( $\mu\text{g/l}$ ) wurde der Konzentrationswert der Altlasten-Verordnung von  $0,05 \mu\text{g/l}$  für PAK dabei um das 460-Fache überschritten. Als typische Begleitprodukte der Kohlevergasung kamen zudem auch Blausäuresalz und Arsen zum Vorschein.

Wie die Abklärungen zeigten, war das Grundwasser im unmittelbaren Abstrombereich des belasteten Standorts stark beeinträchtigt – und dies im Gewässerschutzbereich  $A_u$ . Vor allem bei Niedrigwasser drohte zudem auch eine Verunreinigung der nahen Sorne.

Nachdem die kantonalen Umweltbehörden den Handlungsbedarf im Februar 2011 bestätigt hatten, begannen im Januar 2012 die Sanierungsarbeiten. Im Schutz einer 200 Meter langen und 4,5 Meter tiefen Dichtwand, begann der Aushub des stark belasteten Materials. Um die gesteckten Ziele erreichen zu können, musste man über 8400 Tonnen Sonderabfälle ausbaggern – fast das Doppelte der ursprünglich vorgesehenen Menge. Aufgrund der Entdeckung zusätzlicher Schadstoffherde belief sich die Summe der entfernten PAK schliesslich auf 10 bis 15 Tonnen. Dieser Sondermüll wurde fast vollumfänglich in holländischen Spezialöfen verbrannt. Auch war es erforderlich, im Lauf der Sanierung etwa 300 Kubikmeter verunreinigtes Grundwasser abzupumpen und zu behandeln.

Durch den Aushub der schlimmsten Schadstoffherde liessen sich die Sanierungsziele von maximal  $0,05 \mu\text{g}$  Benzo(a)pyren pro Liter Grundwasser und  $0,5 \mu\text{g}$  PAK pro Liter Grundwas-

ser, im direkten Abstrom des Standorts, erreichen. Weil man schmale verunreinigte Streifen im Bereich des Verkehrskreiselns oder an der Ufermauer zur Sorne nicht sanieren konnte, bleiben diese Randparzellen jedoch weiterhin im Kataster der belasteten Standorte eingetragen.

Beim Kauf des Terrains im November 2010 war die Belastung dem Grundeigentümer bereits bekannt. Deshalb musste er als Zustandsstörer einen geringen Teil der Untersuchungs- und Sanierungskosten übernehmen. Bei einem Gesamtaufwand von rund 1,65 Millionen Franken beliefen sich die vom Kanton Jura zu tragenden Ausfallkosten der längst liquidierten Société du gaz de Delémont auf fast 792 000 Franken. 528 000 Franken hat der Bund aus dem VASA-Fonds abgegolten.

Dank der Sanierung ist es gelungen, ein stark verschmutztes Areal im Stadtzentrum von Delémont wieder aufzuwerten und an der bereits gut erschlossenen Lage in Bahnhofnähe attraktiven Wohnraum für breite Bevölkerungsgruppen zu schaffen. Durch diese Form des Flächenrecyclings wird auch die knappe Ressource Boden geschont.



**Abb. 46** Fachspezialisten in Schutzmontur auf dem Gelände der Gaswerk-Altlast in Delsberg.

## Fallbeispiel der Sanierung einer ehemaligen Tankstelle in Baden (AG): Erhebliche Benzinmengen im Untergrund



**Abb. 47** Aus dieser Baugrube in Baden (AG) mussten rund 50 Tonnen Kohlenwasserstoffe entfernt werden – zum grössten Teil Rückstände von Benzin- und Ölunfällen.

Bei Aushubarbeiten für den Neubau einer Wohn- und Gewerbeliegenschaft im aargauischen Baden stiess die Bauherrschaft 2006 auf eine unerwartet grosse Verunreinigung des Untergrunds durch Benzin. Die nach dem nötigen Baustopp eingeleiteten technischen Untersuchungen ergaben, dass die starken Belastungen mit den gesundheitlich problematischen und schlecht abbaubaren Substanzen Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (BTEX) sowohl das am Standort vorhandene Felsgrundwasser als auch die Wasservorkommen im Lockergestein beeinträchtigten. Dabei bezifferten Fachleute das Schadstoffpotenzial der BTEX-Substanzen auf rund 20 Tonnen. Dazu kamen etwa 30 Tonnen an aliphatischen Kohlenwasserstoffen. Ohne Sanierung hätten diese Belastungen längerfristig eine konkrete Gefahr für genutzte Trinkwasservorkommen bedeutet.

Die langjährige gewerbliche Nutzung des Grundstücks, auf dem seit den frühen 1920er-Jahren ein Autoabbruch, eine Reparatur- und Konstruktionswerkstätte sowie eine Tankstelle betrieben worden waren, liessen bereits im Vorfeld der Bauarbeiten gewisse Mengen an Schadstoffen erwarten. Gestützt auf die zum Zeitpunkt der Baubewilligung vorhandenen Resultate der Voruntersuchung hatten die kantonale Fachstelle das betreffende Areal in Baden allerdings als belasteten Standort ohne Überwachungs- oder Sanierungsbedarf eingestuft. Angesichts der Schadstoffbelastungen forderte die Baubewilligung aber eine fachliche Baubegleitung.

Aufgrund der beim Rückbau der Tankanlagen festgestellten grossen Schadstoffherde von Benzin und Heizöl verhängte die kantonale Altlastenfachstelle einen Baustopp und stufte den Standort auch angesichts der laufenden Bauarbeiten als dringend sanierungsbedürftig ein.

### Rund 50 Tonnen Kohlenwasserstoffe entfernt

Als Sanierungsziel verlangte der Kanton Aargau eine Entfernung der Schadstoffherde bis auf eine maximale Restbelastung von rund 100 kg Erdölderivaten. Um diese Vorgabe zu erfüllen, musste die Bauherrschaft fast 2200 Tonnen stark belastetes Aushubmaterial ausheben und in einem Zementwerk sowie in einer Bodenwaschanlage entsorgen. Die Sanierung in Form einer Totaldekontamination erfolgte zwischen Januar 2006 und Februar 2007. Gemäss den Berechnungen verblieben in drei Bereichen geringe Restbelastungen in der Grössenordnung von rund 50 kg Kohlenwasserstoffe.

Diese Menge liegt damit klar unter dem verfügbaren Sanierungsziel. Wie nachträglich durchgeführte Abklärungen zeigten, geht vom sanierten Standort inzwischen keine Gefährdung für das Grundwasser mehr aus.

Nach Abschluss der Arbeiten verlangte der Sanierungspflichtige von der kantonalen Umweltbehörde eine Kostenverteilungsverfügung. Weil diese angefochten und bis ans kantonale Verwaltungsgericht weitergezogen wurde, lag erst im Mai 2013 ein rechtskräftiger Entscheid vor. Demnach entfielen fast 150 000 Franken des altlastenrechtlich relevanten Sanierungsaufwands von rund 600 000 Franken auf die längst nicht mehr greifbare Auto- und Konstruktionswerkstätte und damit auf den Kanton Aargau. 40 Prozent dieser Ausfallkosten – also rund 60 000 Franken – hat der Bund aus dem VASA-Fonds abgegolten.

Finanzierung der Altlastensanierung

## > Das Aufräumen kostet rund 5 Milliarden Franken

*Die Gesamtkosten der Altlastenbearbeitung im Inland belaufen sich auf rund 5 Milliarden Franken. Etwa ein Fünftel dieser Summe ist für die Untersuchungen zur Klassierung der belasteten Standorte einkalkuliert. Den Grossteil des Restbetrags von 4 Milliarden Franken beansprucht die Sanierung der rund 4000 Altlasten.*

Bei geschätzten Gesamtkosten von zirka 4 Milliarden Franken für fast 4000 Sanierungsfälle kommt der durchschnittliche Sanierungsaufwand pro Altlast auf rund 1 Million Franken zu stehen. Die Bandbreite der Kosten im Einzelfall ist allerdings enorm, bewegt sie sich doch zwischen einigen 10000 Franken für die Sanierung des Kugelfangs einer kleinen Schiessanlage und fast 1 Milliarde Franken zur Dekontamination der ehemaligen Sondermülldeponie Kölliken (AG).

Generell lässt sich feststellen, dass vor allem grossflächige und tiefgründige Ablagerungsstandorte mit erheblichen Mengen an deponierten Sonderabfällen die höchsten Sanie-

rungskosten verursachen. Auch bei ausgedehnten Betriebsarealen wie etwa den alten Stadtgaswerken – mit ihren grossräumigen Belastungen des Untergrunds durch biologisch kaum abbaubare und daher langlebige Schadstoffe – kann das Aufräumen zweistellige Millionenbeträge erfordern.

Demgegenüber fallen die Sanierungen der meisten Schiessanlagen – mit Durchschnittspreisen von wenigen hunderttausend Franken pro Standort – vergleichsweise günstig aus. Hier sind die Böden im Bereich des Kugelfangs oft nur kleinflächig mit den Schwermetallen Blei und Antimon belastet. Weil sie ungefähr die Hälfte aller sanierungsbedürftigen



**Abb. 48** Nicht nur technisch, sondern auch finanziell aufwändig: Kontrolle von ausgegrabenen Metallfässern in der Sanierungshalle der ehemaligen Sondermülldeponie Kölliken.

Altlasten im Inland ausmachen, fallen die Schiessanlagen zwar mengenmässig stark ins Gewicht, dürften aber in der Gesamtbilanz weniger als 15 Prozent der totalen Sanierungskosten verursachen. Auch der Aufwand für die sanierungsbedürftigen Unfallstandorte hält sich aufgrund ihrer relativ geringen Anzahl und des in der Regel überschaubaren Schadensausmasses in Grenzen.

### Rund 1 Milliarde Franken für Untersuchungen

Für die Klassierung der Standorte gemäss der Altlasten-Verordnung rechnet das BAFU mit insgesamt etwa 15 000 Voruntersuchungen und fast 4 000 Detailuntersuchungen. Während die historische Abklärung eines belasteten Standorts im Mittel auf rund 5 000 Franken zu stehen kommt, beträgt der Aufwand für eine technische Untersuchung durchschnittlich 30 000 Franken pro Fall. Mit mittleren Kosten von 100 000 Franken sind Detailuntersuchungen am teuersten, doch betrifft dies deutlich weniger Areale, da sich vertiefte Abklärungen nur bei sanierungsbedürftigen Standorten aufdrängen. Die kumulierten Kosten für sämtliche Untersuchungen belaufen sich auf ungefähr 1 Milliarde Franken. Von dieser Summe war Ende 2014 gut ein Drittel ausgegeben. Der Gesamtaufwand ist nicht genau bekannt, weil der VASA-Altlasten-Fonds des Bundes längst nicht an alle Untersuchungen Beiträge leistet.

### Kostenverteiler nach dem Verursacherprinzip

Gemäss dem Umweltschutzgesetz hat nämlich prinzipiell der Verursacher die Kosten für die Untersuchung, Überwachung und Sanierung belasteter Standorte zu tragen. Sind mehrere Urheber beteiligt, so müssen sie entsprechend ihren Anteilen an der Verunreinigung für den Aufwand gerade stehen. Bei belasteten Firmenarealen von Privaten sind dies meist nicht nur die gegenwärtigen Eigentümer, sondern vor allem auch die Verhaltensstörer, deren Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen in der Vergangenheit zur Verunreinigung eines Standorts geführt hat. Auch wer ein solches Areal längst verkauft hat, muss folglich im Nachhinein für den angerichteten Schaden aufkommen. Der Gesetzgeber unterscheidet denn auch zwischen Verhaltensstörer (Verursacher) und Zustandsstörer (Inhaber). So ist etwa der Eigentümer eines verunreinigten Standorts von jeglichen Kosten befreit, sofern er unter Beachtung der Sorgfaltspflicht nichts von der Belastung eines von ihm übernommenen Areals wissen konnte.

Lässt sich der Verursacher einer Altlast nicht mehr ermitteln oder ist er zahlungsunfähig, so übernimmt die öffentliche Hand seinen Kostenanteil. Weil die Ursachen der Belastungen meist Jahrzehnte zurückliegen und insbesondere kleinere Gewerbe- und Industriebetriebe nach so langer Zeit oft nicht mehr existieren oder gar nicht eruiert werden können, hat der Bund im Jahr 2001 – mit Einführung der Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA) – einen Spezialfonds zur teilweisen Deckung solcher Ausfallkosten



Abb. 49 Technische Untersuchung bei einem Heizöl-Tanklager in Arth-Goldau (SZ).



Abb. 50 Arbeiter im Kontrollschacht der Deponie Baarburg (ZG).

geschaffen. Die Beteiligung des VASA-Fonds beträgt in diesen Fällen je nach Voraussetzungen 40 oder 30 Prozent. Abteilungen in gleicher Höhe leistet der Bund auch an die Untersuchung, Sanierung und Überwachung von Deponien, in denen zu einem wesentlichen Teil Siedlungsabfälle lagern. Zudem werden Sanierungen von 300-Meter-Schiessanlagen pauschal mit 8000 Franken pro Scheibe mitfinanziert, sofern sie nicht primär einem gewerblichen Zweck dienen.

### Funktionsweise des VASA-Fonds

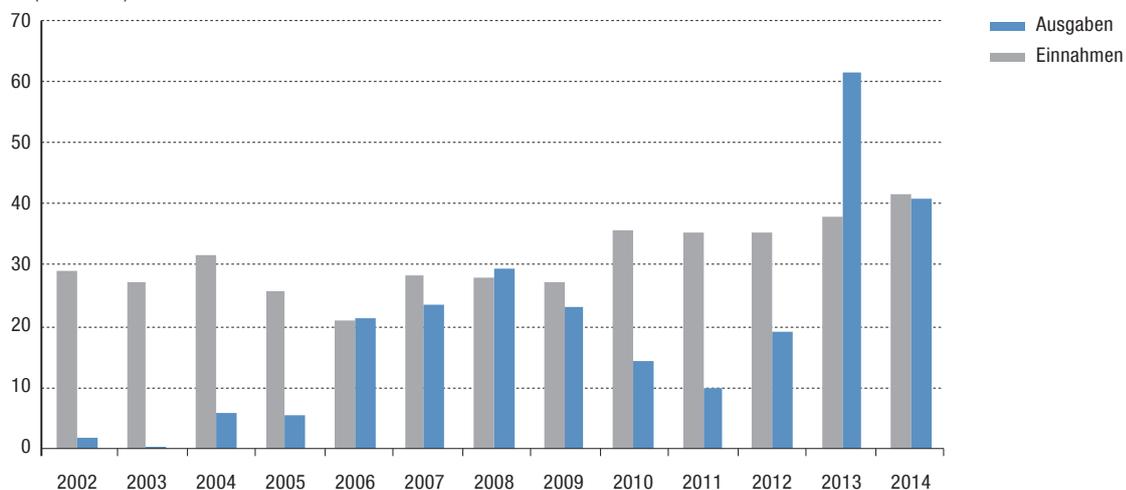
Hauptziel des VASA-Altlasten-Fonds ist eine möglichst rasche Untersuchung und Sanierung von Altlasten, deren Dekontamination oder Sicherung nicht mangels ausreichender Finanzen auf unbestimmte Zeit hinausgeschoben werden soll. Zudem will man mit dem Finanzierungsinstrument umweltverträgliche und wirtschaftliche Lösungen fördern, die dem Stand der Technik entsprechen.

Die Einnahmen des Fonds schwankten seit 2010 zwischen 35 und knapp 42 Millionen Franken pro Jahr. Sie stammen aus einer Abgabe auf abgelagerte Abfälle in schweizerischen und ausländischen Deponien. Dabei machen die VASA-Beitragssätze je nach Kategorie 3 bis 22 Franken pro Tonne aus. Im Jahr 2014 stammten gut 85 Prozent der gesamten Einnahmen aus Lieferungen in Reaktor- und Inertstoffdeponien.

Die VASA-Einnahmen sind zweckgebunden und werden den Kantonen ausbezahlt. Dazu müssen sie dem BAFU Abgeltungsgesuche einreichen. Bis Ende 2014 sind beim Bund rund 1700 solche Gesuche eingegangen, wobei jährlich etwa 250 neue Anträge eintreffen. Den VASA-Einkünften von insgesamt 403 Millionen Franken standen bis zu diesem Zeitpunkt Auszahlungen in der Höhe von rund 256 Millionen Franken und Zusicherungen für Abgeltungen von gut 122 Millionen gegenüber.

Gut die Hälfte der bisher bearbeiteten Gesuche aus den Kantonen betrifft Sanierungen, die über 90 Prozent der vom Bund ausbezahlten Gelder beanspruchen. Der Rest entfällt auf Überwachungen und Untersuchungen von belasteten Standorten. Bei diesen Abklärungen geht es meistens um ehemalige Siedlungsabfalldeponien.

VASA-Einnahmen und -Ausgaben von 2002–2014 (Mio. CHF)



**Abb. 51** Zwischen 2002 und 2014 beliefen sich die Gesamteinnahmen des VASA-Fonds auf rund 400 Millionen Franken.

## Fallbeispiel der Untersuchung eines ehemaligen Galvanikbetriebs in Allschwil (BL): Entwarnung nach der technischen Untersuchung



Abb. 52 Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte des Kantons Basel-Landschaft.

Im Anbau eines Wohnhauses in Allschwil (BL) betrieb der damalige Eigentümer von 1959 bis 1994 eine Werkstatt für Metallveredelung und eine Schleiferei. Die galvanische Werkstatt verfügte über verschiedene Metallbäder für Cadmium-, Messing-, Chrom- und Nickelüberzüge. An einer Gebäude-seite im Garten wurden Fässer und Wannen gelagert. Zudem gab es hier auch ein überdachtes Salzsäurebad.

Aufgrund dieser gewerblichen Vorgeschichte klassierte das kantonale Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) das Terrain 2010 als belasteten Standort mit Untersuchungsbedarf. Deshalb musste der heutige Grundstückseigentümer die Parzelle vor der Realisierung einer geplanten Neuüberbauung im September 2011 technisch untersuchen lassen. Damit wollten die Umweltbehörden klären, ob der Standort überwachungs- oder sanierungsbedürftig ist. Zu diesem Zweck richtete man im unmittelbaren Abstrom der Hauptverdachtsflächen eine Messstelle im Grundwasser ein und analysierte dieses unter anderem im Hinblick auf die Schadstoffe Chrom VI, Zyanid und chlorierte Kohlenwasserstoffe. Die ermittelte PER-Konzentration von 6 Mikrogramm pro Liter lag nur knapp über der Hintergrundbelastung des Allschwiler Grundwassers. Zudem fanden sich in den Proben nur geringe Spuren an Schwermetallen. Gestützt auf diese Resultate konnte das AUE einen Sanierungsbedarf ausschliessen und das Grundstück gemäss der Altlasten-Verordnung lediglich

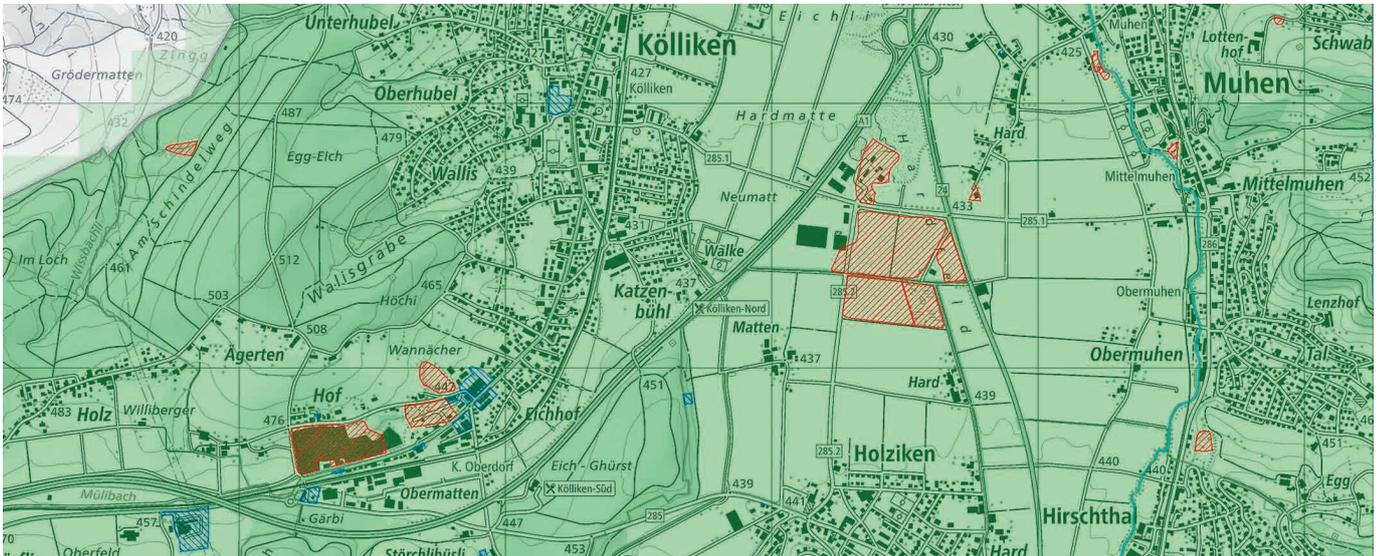
als überwachungsbedürftig einstufen. Im Zuge der Bauarbeiten hat man das Bodenmaterial mit den höchsten Schadstoffgehalten ausgehoben und die Restbelastungen dokumentiert.

### Die öffentliche Hand trägt die Ausfallkosten

Der ehemalige Inhaber der Galvanikfirma hinterliess nach seinem Tod keine Erben, sodass der Hauptverursacher sowie allfällige Rechtsnachfolger nicht mehr belangt werden konnten. Wie allgemein üblich, muss die öffentliche Hand in solchen Fällen für den Hauptteil der Untersuchungskosten aufkommen. Der Bund hat sich mit 40 Prozent an diesen Ausfallkosten beteiligt, weil ein Untersuchungsbedarf bestand und der Standort seit Anfang Februar 1996 nicht mehr mit Abfällen belastet worden ist.

Im konkreten Fall kam die technische Untersuchung auf rund 18 800 Franken zu stehen, von denen das AUE gut 16 900 Franken übernahm. Der vom Bund bezahlte VASA-Abgeltungsbetrag betrug somit knapp 6800 Franken.

## Fallbeispiel eines nicht belasteten Betriebsstandorts in Kölliken (AG): Entwarnung nach der Voruntersuchung



**Abb. 53** Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte des Kantons Aargau.

Auf einem Werkareal im aargauischen Kölliken betrieb ein Baustoffunternehmen während mehrerer Jahre eine firmeneigene Tankstelle, ohne über alle erforderlichen Schutzvorrichtungen zu verfügen. Aufgrund dieser Nutzung konnte die kantonale Abteilung für Umwelt (AfU) Belastungen des Untergrunds mit problematischen Kohlenwasserstoffen nicht ausschliessen und eröffnete den Grundeigentümern im März 2009 den vorgesehenen Eintrag der entsprechenden Parzelle in den Kataster der belasteten Standorte. Angesichts der Nähe zu einer bestehenden Trinkwasserfassung und deren potenzieller Gefährdung verlangte die Behörde zudem eine baldige Untersuchung des Areals im Hinblick auf mögliche Umweltrisiken.

Die noch im Sommer des gleichen Jahres vorliegenden Resultate der historischen und technischen Abklärungen ergaben, dass die Porenluft zwar Spuren von Methan enthält, der Untergrund des untersuchten Standorts jedoch nicht mit Schadstoffen belastet ist. Gestützt auf diese Ergebnisse, kam die Umweltfachstelle des Kantons Aargau zum Schluss, mit grosser Wahrscheinlichkeit handle es sich beim Areal nicht um einen belasteten Standort, weshalb auch kein Kbs-Eintrag erfolge.

Die schweizerische Umweltgesetzgebung sieht vor, dass die öffentliche Hand bei Standorten mit einem bereits erfolgten oder vorgesehenen Eintrag im Kbs für sämtliche Untersuchungskosten aufkommen muss, wenn sich ein solches Areal im Nachhinein als nicht belastet erweist. Dem Rückerstattungsantrag der Grundeigentümerin wurde vom Kanton denn auch entsprochen und der Aufwand für die durchgeführte Untersuchung abgegolten. In solchen Fällen beteiligt sich der Bund ebenfalls mit 40 Prozent an den anrechenbaren Kosten.

## Fallbeispiel der Untersuchung eines Betriebsstandorts im Kanton Basel-Landschaft: Schadstoffbelastungen aus zwei Jahrhunderten

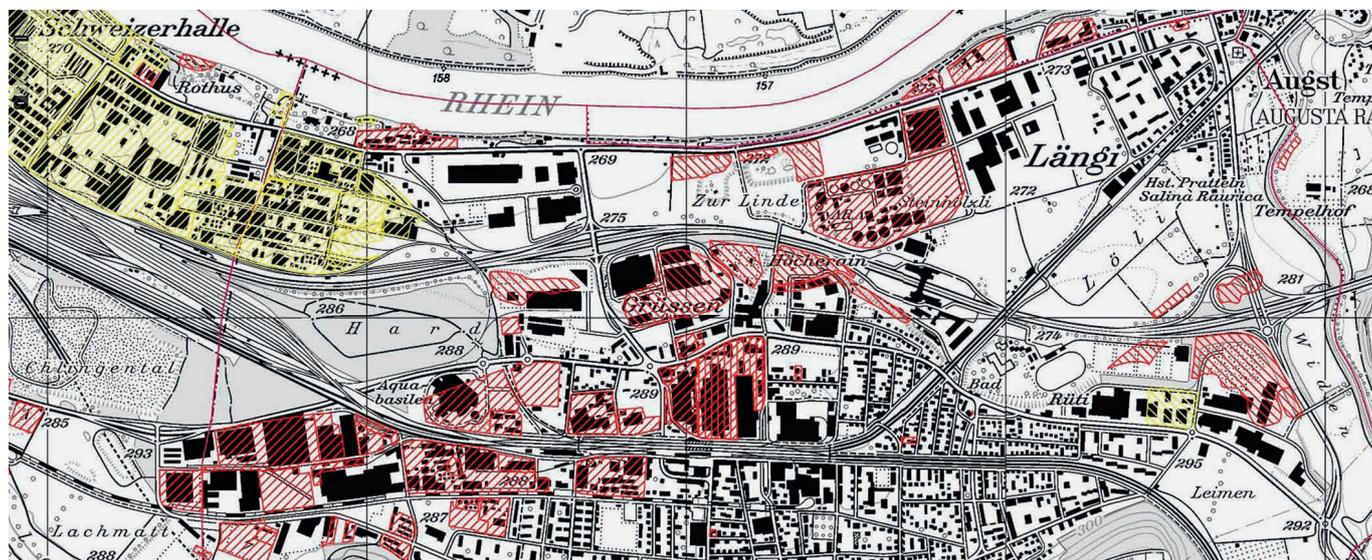


Abb. 54 Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte des Kantons Basel-Landschaft.

Auf einem rund 30 000 Quadratmeter grossen Areal nahe dem Rheinufer im Kanton Basel-Landschaft soll in den kommenden Jahren ein Gewerbepark mit einzelnen Wohnnutzungen entstehen. Eine 2002 durchgeführte historische Untersuchung des Geländes östlich von Basel ergab, dass aufgrund der jahrzehntelangen Nutzung des Standorts durch die Chemieindustrie mit Belastungen des Bodens zu rechnen ist. So produzierte eine Chemiefirma auf dem westlichen Teil des Areals von 1836 bis etwa 1950 Salze, Salzsäure und Düngemittel. Die östlich angrenzende Nachbarparzelle wurde von einer ehemaligen Farbstofffabrik zwischen 1860 und 1908 für die Herstellung des violettroten Teerfarbstoffs Fuchsin genutzt. Dazu setzte der Betrieb neben Anilin und Toluidin auch Arsensäure ein.

Das zuständige Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) des Kantons Basel-Landschaft klassierte das Industriegelände deshalb als belasteten Standort mit Untersuchungsbedarf. Die vorgenommene Altlastenvoruntersuchung, welche im Zeitraum von 2002 bis 2012 auch technische Abklärungen – mit Rammkernsondierungen und Kernbohrungen – umfasste, ergab eine sehr starke Kontamination des Untergrunds mit Arsen (As) aus der Fuchsin-Produktion. Das entsprechende Gutachten beziffert die Gesamtmenge des giftigen Schwermetalls im Boden auf über 60 Tonnen. Daneben treten auch Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und Quecksilber in teils stark erhöhten Konzentrationen auf.

### Grossräumige Verteilung der Schadstoffe

Wie die analysierten Feststoffproben zeigen, sind die Belastungen – als Folge von Abbrucharbeiten in den 1950er-Jahren und einer grossflächigen Entsorgung des Bauschutts vor Ort – weiträumig verteilt worden. Diese teils stark verfärbten künstlichen Auffüllungen enthalten flächenhaft sehr hohe Arsengehalte, wobei sich die erhebliche Kontamination des Untergrunds vereinzelt bis in 10 Meter Tiefe noch nachweisen lässt. Aufgrund der gemessenen Schadstoffwerte muss das untersuchte Material als Sonderabfall klassiert werden. Zudem ist das vorhandene Arsen in beträchtlichem Umfang löslich und damit mobilisierbar, wie die Resultate der Eluat-Tests von ausgewählten Proben belegen.

Grundwasseranalysen weisen denn auch bereits einen Arseneintrag in die gesättigte Zone nach. Weil der halbe Konzentrationswert gemäss Anhang 1 der Altlasten-Verordnung deutlich überschritten wird, besteht hinsichtlich des Schutzguts Grundwasser ein Sanierungsbedarf. Der technische Untersuchungsbericht beziffert die tägliche Auswaschung immerhin auf fast 8 Gramm Arsen. Da sich der belastete Standort leicht erhöht über dem nahe gelegenen Rhein befindet, ist aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse davon auszugehen, dass belastetes Grundwasser in den nur 50 Meter entfernten Fluss exfiltriert.



**Abb. 55** Das Projekt für eine grossflächige Neuüberbauung der ehemaligen Industriegelände in Rheinnähe sieht neben Gewerbenutzungen auch Wohnungen vor.

### Detailuntersuchung soll Klarheit bringen

Um die Ziele und Dringlichkeit einer Altlastensanierung besser beurteilen zu können, braucht es weitere Abklärungen. Eine vom AUE im Jahr 2013 angeordnete Detailuntersuchung soll unter anderem die Menge und Lage der Schadstoffe genauer beziffern, ihre Einwirkungen auf die Umwelt ermitteln und im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung bewerten. Damit der Standortperimeter definitiv festgelegt werden kann, bezieht die Detailabklärung auch umliegende Parzellen mit ein. Die Umweltbehörden möchten insbesondere Aufschluss darüber, wie sich die hohen As-Gehalte im Zuströmbereich des Grundwassers erklären lassen. Je nach Lage und Schadstoffgehalt der verschiedenen betroffenen Parzellen gilt es neu zu beurteilen, ob das Grundwasser oder der Rhein als Schutzgüter für die Beurteilung der jeweiligen Flächen massgebend sind. Die 2013 angelaufene Detailuntersuchung soll es dem AUE ermöglichen, eine fundierte Neubeurteilung des Standorts vorzunehmen und je nach Sanierungsbedarf die entsprechenden Ziele und Fristen festzulegen. Anschliessend erfolgt eine Variantenstudie zu möglichen Sanierungswegen mit Angaben zu deren Machbarkeit, Wirksamkeit und Umweltverträglichkeit sowie zum geschätzten Gesamtaufwand.

Gemäss dem USG muss grundsätzlich der Verursacher für die Kosten der erforderlichen Massnahmen zur Untersuchung, Überwachung und Sanierung belasteter Standorte aufkommen. Sind mehrere Beteiligte involviert, so ist ihr

jeweiliger Anteil an der Ursache für die Kostenübernahme massgebend. Im vorliegenden Fall entfallen 15 Prozent des finanziellen Aufwands von gut 150 000 Franken für die Voruntersuchung auf den heutigen Grundstückbesitzer. Die restlichen 85 Prozent müssen die Rechtsnachfolger der beiden Chemiefirmen als Verhaltensstörer je hälftig übernehmen. Für den Anteil des Farbstoffbetriebs von 42,5 Prozent (knapp 64 000 Franken) muss die öffentliche Hand geradestehen, da die entsprechende Firma mittlerweile nicht mehr existiert und es auch keinen Rechtsnachfolger gibt. Lässt sich ein Verursacher nämlich nicht mehr ermitteln oder ist er zahlungsunfähig, so trägt das zuständige Gemeinwesen dessen Kostenanteil. Der Bund hat dem Standortkanton Basel-Landschaft 40 Prozent der Ausfallkosten aus dem VASA-Fonds abgegolten.

## > Die wichtigsten Vorschriften auf einen Blick

### Umweltschutzgesetz

Artikel 32c des Umweltschutzgesetzes (USG) verpflichtet die Kantone, dafür zu sorgen, dass Deponien und andere durch Abfälle belastete Standorte saniert werden, wenn sie zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen führen. Dies gilt auch, wenn die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen. Dazu müssen die kantonalen Behörden alle belasteten Standorte in einem öffentlich zugänglichen Kataster erfassen.

Für die Kosten der notwendigen Untersuchungs-, Überwachungs- und Sanierungsmassnahmen hat prinzipiell der Verursacher aufzukommen. Das zuständige Gemeinwesen springt nur ein, sofern Ausfallkosten entstehen, namentlich wenn Verursacher nicht ermittelt werden können oder zahlungsunfähig sind (Art. 32d).

Die Verursacher von belasteten Standorten können neu dazu verpflichtet werden, die Deckung ihres Kostenanteils an die Untersuchung, Überwachung und Sanierung sicherzustellen. Zudem bedürfen Grundstücksänderungen von belasteten Standorten – wie ein Verkauf oder die Teilung – einer Bewilligung (Art. 32 dbis).

Um die altlastenrechtlich erforderlichen Massnahmen zu fördern, sieht Artikel 32e Abgeltungen des Bundes aus einem Fonds (siehe VASA) vor. Die Mittel stammen aus Abgaben, welche für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien erhoben werden.

### Altlasten-Verordnung

Die Altlasten-Verordnung (AltIV) konkretisiert das USG und definiert wichtige Begriffe. Sie legt fest, wie durch Abfälle belastete Standorte im Kataster zu erfassen sind, und schreibt vor, auf welche Weise die Sanierungs- und Überwachungsbedürftigkeit belasteter Areale mittels einer Voruntersuchung abzuklären und zu beurteilen ist. Geregelt wird auch, wie anhand einer Gefährdungsabschätzung nach erfolgter Detailuntersuchung die Ziele und Dringlichkeit einer Sanierung festgelegt werden sollen. Weitere Abschnitte der AltIV betreffen unter anderem Vorgaben zur Erarbeitung von Sanierungsprojekten sowie Kriterien für die Genehmigung von Sanierungsmassnahmen durch die Vollzugsbehörden. Ausserdem ist festgehalten, wen die Behörde zur Durchführung von Untersuchungs-, Überwachungs- und Sanierungsmassnahmen verpflichten kann.

### Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten

Die Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA) regelt die Erhebung einer Abgabe auf abgelagerten Abfällen im Inland und auf der Ausfuhr von Abfällen zur Ablagerung im Ausland. Sie legt die Beitragssätze für die unterschiedlichen Deponietypen fest und definiert, wie der Bund die zweckgebundenen Einnahmen im VASA-Fonds zugunsten der Kantone einsetzen soll. Mit den Mitteln beteiligt sich der Bund unter bestimmten Voraussetzungen zu 40 oder 30 Prozent an den Kosten für die Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten. Zulässig sind Abgeltungen für ehemalige Siedlungsabfalldeponien, Schiessanlagen und Standorte, bei denen Ausfallkosten angefallen sind. Bezahlt werden zudem auch Untersuchungen von Standorten im Kataster, die sich im Nachhinein als nicht belastet erweisen.

# > Literatur



### Abgeltung bei Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten

Die 2014 erschienene Vollzugshilfe des BAFU unterstützt die kantonalen Fachstellen bei ihren Gesuchen für Abgeltungen des Bundes. Sie fasst die wesentlichen Anforderungen und Verfahrensschritte für eine erfolgreiche und effiziente Gesucheingabe beim BAFU zusammen.

Download: [www.bafu.admin.ch/uv-1405-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1405-d)



### Evaluation von Sanierungsvarianten

Beim 2014 publizierten Bericht handelt es sich um ein Modul der Vollzugshilfe «Sanierung von Altlasten». Es enthält eine Anleitung zur Ermittlung der optimalen Lösung mittels einer Variantenstudie im Rahmen des Sanierungsprojekts. Die Auswahl der Beurteilungskriterien, die Gewichtung der einzelnen Kriterien und die Bewertung sind standortweise festzulegen und müssen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und des Umfelds definiert werden.

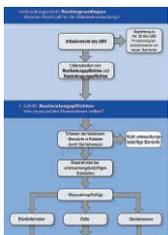
Download: [www.bafu.admin.ch/uv-1401-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1401-d)



### Projektmanagement bei komplexen Altlastensanierungen

Das Ziel dieser 2013 herausgegebenen Praxisempfehlung des BAFU besteht darin, Sanierungen von komplexen Altlasten hinsichtlich Projektmanagement und -organisation auf eine solide Basis zu stellen. Die Publikation erläutert eine Methode zur Erfassung der verschiedenen Faktoren, welche zur Komplexität eines Sanierungsvorhabens beitragen. Dazu zählen beispielsweise die Grösse eines Standorts, die Anzahl beteiligter Akteure, technische und juristische Besonderheiten oder die spezifische Aufmerksamkeit von Politik und Öffentlichkeit. Anhand von konkreten Projekterfahrungen werden Erfolgsfaktoren aufgezeigt. Zielpublikum sind primär Entscheidungsträger und Projektleitende der Vollzugsbehörden.

Download: [www.bafu.admin.ch/uw-1305-d](http://www.bafu.admin.ch/uw-1305-d)



### Realleistungs- und Kostentragungspflicht

Mit der seit 2009 verfügbaren Vollzugshilfe will das BAFU sowohl Private als auch kantonale Behörden in ihrem Vorgehen zur Bestimmung der Realleistungs- und Kostentragungspflichten nach dem Altlastenrecht unterstützen. Dazu schlägt das Modul ein Vorgehen in drei Schritten vor, die im Internet grafisch oder via Navigation durch die relevanten gesetzlichen Vorgaben erläutert werden. Nach einer Einführung in die Rechtsgrundlagen geht es um die Frage, wer welche altlastenrechtlich gebotenen Massnahmen zu treffen hat. Ist dies geklärt, ermitteln die Vollzugsbehörden in einem weiteren Schritt den Anteil der jeweiligen Verursacher an den Kosten und bestimmen bei Bedarf den Prozentsatz der vom Gemeinwesen übernommenen Ausfallkosten.

Download: [www.bafu.admin.ch/uv-0905-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-0905-d)



**Sicherstellung der Deckung der Ausfallkosten**

Der 2015 erschienene Expertenbericht erläutert den neuen Artikel 32dbis im USG. Gemäss dieser Bestimmung kann die Vollzugsbehörde vom Verursacher eines belasteten Standorts seit dem 1. November 2013 verlangen, die voraussichtlichen Kosten für dessen Untersuchung, Überwachung und Sanierung in geeigneter Form sicherzustellen. Das Hauptziel besteht darin, Ausfallkosten für das Gemeinwesen zu vermeiden, die entstehen könnten, wenn Verursacher versuchen, sich ihrer finanziellen Haftung zu entziehen.

Download: [www.bafu.admin.ch/altlasten/12148/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/altlasten/12148/index.html?lang=de)



**Sicherung von Deponie-Altlasten – Stand der Technik, Grenzen und Möglichkeiten**

Die 2007 publizierte Vollzugshilfe des BAFU gibt einen Überblick über den Stand der Technik bei der Sicherung von Deponie-Altlasten. Sie dient den Vollzugsbehörden – aber auch Sanierungspflichtigen und planenden Ingenieuren – als Grundlage bei der Entscheidung über mögliche Sanierungsmassnahmen und hilft, deren Wirtschaftlichkeit zu beurteilen. Im Fokus stehen dabei vor allem Gemeinde- und Siedlungsabfalldeponien.

Download: [www.bafu.admin.ch/uv-0720-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-0720-d)



**Die brachliegende Schweiz – Entwicklungschancen im Herzen von Agglomerationen**

Die 2004 veröffentlichte Broschüre der Bundesämter für Raumplanung (ARE) und Umwelt (BAFU) will wichtige Entscheidungsträger zu einer sinnvollen Umnutzung ehemaliger Industrieareale motivieren. Das ermittelte Potenzial ungenutzter Brachflächen beträgt 17 Quadratkilometer, was der Fläche der Stadt Genf und ihres Umlands entspricht. Die zum Teil erforderlichen Altlastensanierungen können – in Verbindung mit neuen Nutzungen – zu einer Aufwertung der bestehenden Siedlungsräume beitragen.

Download: [www.bafu.admin.ch/div-8009-d](http://www.bafu.admin.ch/div-8009-d)



**Überwachung von belasteten Standorten**

Die Vollzugshilfe des BAFU aus dem Jahr 2015 erläutert, wie eine sachgerechte Überwachung von belasteten Standorten – insbesondere in komplexen Situationen – erfolgen soll. Sie zeigt auf, wann im Rahmen der Altlastenbearbeitung eine Überwachung angezeigt ist, welche Ziele sie verfolgt und wie sie abläuft.

Download: [www.bafu.admin.ch/uv-1505-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1505-d)

---

## Weiterführende Informationen im Internet

- > BAFU: Altlasten:  
[www.bafu.admin.ch/altlasten](http://www.bafu.admin.ch/altlasten)
- > ChloroNet: Plattform für CKW-Altlasten:  
[www.bafu.admin.ch/chloronet](http://www.bafu.admin.ch/chloronet)
- > Fachstellen von Bund und Kantonen:  
[www.bafu.admin.ch/altlasten](http://www.bafu.admin.ch/altlasten) > Fachstellen

### Bildnachweis

Sondermülldeponie Kölliken (SMDK): Titelbild, Abb. 28, 48; BAFU-Sektion Altlasten: Abb. 1, 6, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 29, 37, 38, 42, 43, 44, 51; Kantonales Amt für Umweltschutz, Zug: Abb. 2, 39, 40, 41, 50; Schenker Korner Richter AG, Luzern: Abb. 4, 5, 7, 9, 22, 27, 45, 49; Kantonale Online-Kataster der belasteten Standorte: Abb. 10 (GE), 25 (TG), 26 (BE), 52 (BL), 53 (AG), 54 (BL); Kantonspolizei St. Gallen: Abb. 3; Andreas Zingg, Büro für Hydrogeologie und Geotechnik, Jona: Abb. 11, 12; Grün Stadt Zürich: Abb. 13; République et Canton du Jura, Office de l'environnement, Saint-Ursanne: Abb. 21, 46; Schweizerisches Institut für Speläologie Und Karstforschung (SISKA), La Chaux-de-Fonds: Abb. 30; CSD Ingenieure AG, St. Gallen: Abb. 31, 32; SolGeo AG, Solothurn: Abb. 33; Oester Messtechnik, Thun/Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Chur: Abb. 34; Medienbild Basler Chemische Industrie (BCI), Basel: Abb. 35; Compagnie industrielle de Monthey SA (Cimo), Monthey: Abb. 36; Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Aarau: Abb. 47; [www.rheinlehne.ch](http://www.rheinlehne.ch): Abb. 55.

> Weiterführende Informationen: [www.bafu.admin.ch/alllasten](http://www.bafu.admin.ch/alllasten)