



Kanton Zürich
Baudirektion



Merkblatt

Voruntersuchungen an belasteten Standorten im Kanton Zürich, Anforderungen

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abfallwirtschaft und Betriebe

3. November 2022
1/12

Das Umweltschutzgesetz (USG) und die Altlastenverordnung (AltIV) verpflichten die Kantone, einen öffentlich zugänglichen Kataster der belasteten Standorte (KbS) zu erstellen und zu führen. Der Kanton Zürich hat den KbS 2011 fertiggestellt. Die belasteten Standorte wurden aufgrund der im KbS enthaltenen Angaben in Standorte eingeteilt, bei denen keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu erwarten sind, und solche, bei denen untersucht werden muss, ob sie überwachungs- oder sanierungsbedürftig sind. Für einen untersuchungsbedürftigen Standort lässt der Standortinhaber oder die Standortinhaberin eine Voruntersuchung nach Art. 7 AltIV durchführen. Sie besteht aus einer historischen und einer technischen Untersuchung. Mit der Voruntersuchung werden die für die Beurteilung der Überwachungs- und Sanierungsbedürftigkeit erforderlichen Angaben ermittelt und im Hinblick auf die Gefährdung der Umwelt bewertet (Gefährdungsabschätzung). Die Hauptkriterien dabei sind das Schadstoff- und Freisetzungspotenzial sowie die Exposition und Bedeutung der Schutzgüter. Die AltIV beurteilt die Einwirkungen auf die Schutzgüter Grundwasser, oberirdische Gewässer, Luft und Boden (Art. 9–12 AltIV).

Ziel des Merkblattes Dieses Merkblatt zeigt auf, wie im Kanton Zürich im Regelfall eine Voruntersuchung durchzuführen ist. Es wird beschrieben, wann ein Schutzgut relevant ist und wie dieses in der Folge zu untersuchen ist. Des Weiteren werden die Erwartungen der Behörde an Umfang und Inhalt der einzureichenden Berichte dargestellt. Abweichungen davon sind möglich und notwendig, wo spezielle Umstände dies im Einzelfall benötigen und sind im Pflichtenheft zur technischen Untersuchung explizit zu begründen.

Anwendungsbereich In den vergangenen Jahren wurden für verschiedene Standorttypen (z.B. Standorte, an denen chlorierte Kohlenwasserstoffe [CKW] eingesetzt wurden) oder zu einzelnen Schutzgütern (z.B. Oberflächengewässer, Luft) Vollzugshilfen und Merkblätter publiziert. Auf diese wird an geeigneter Stelle verwiesen oder es wird aus ihnen zitiert, jedoch werden sie nicht vollständig wiedergegeben. Sie sind für die Untersuchungen weiterhin massgebend. Das vorliegende Merkblatt führt die Anforderungen an Voruntersuchungen zusammen und ersetzt die Vorgaben vom 12. Dezember 2012

Historische Untersuchung und Pflichtenheft für die technische Untersuchung

1. Historische Untersuchung

In der historischen Untersuchung (HU) werden alle über den Standort bekannten umweltrelevanten Daten zusammengetragen. Es werden Ort und Dauer von früheren Tätigkeiten und Nutzungen erhoben, umweltrelevante Prozesse lokalisiert, Art und Menge der eingesetzten umweltgefährdenden Stoffe identifiziert sowie die Freisetzungspfade und möglicherweise gefährdete Schutzgüter bestimmt. Als Grundlage hierfür eignen sich verschiedene Informationsquellen. Nachfolgend eine Auswahl:

- Historische Luftbildaufnahmen (z.B. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Bildarchiv der ETH-Bibliothek auf E-Pics)

- Historische Fotografien (z.B. auf E-Pics, der Plattform für Bildkataloge der ETH Zürich, Baugeschichtliches Archiv Zürich, Bildarchiv Winterthur)
- Historische Karten (u.a. bei Bundesamt für Landestopografie swisstopo mit Dufourkarte, Siegfriedkarte und weiteren topographischen Karten unter «Zeitreise», Historische Gewässerkarte des Kantons Zürich)
- Projekt- und Ausführungspläne, alte Kanalisationspläne (Grundeigentümer, Gemeinde)
- Historische Zeitschriften und Zeitungen (E-Periodica, e-newspaperarchives.ch)
- Akten aus dem Archiv der Gemeinde/dem firmeneigenen Archiv (z.B. technische Betriebsunterlagen über Produktionsprozesse, Abfallentsorgung, Inventarlisten von Chemikalienlagern, Lieferscheine erhaltener umweltgefährdender Produkte, Angaben zu vorhandenen Umweltschutzeinrichtungen (Erstellung, Betrieb),
- Handelsregister-Auszüge (Zentraler Firmenindex, Handelsregisteramt des Kantons Zürich, E-Periodica)
- alte Adressbücher
- Unterlagen aus Ortsmuseen, Stadtbibliotheken, Chroniken etc.
- Zeitzugen-Befragungen (u.a. Grundeigentümer, Anwohner, ehemalige Angestellte des Betriebs/der Gemeinde)
- Akten beim AWEL (Einsicht erwünscht) wie z.B. Bewilligungen, Verfügungen von Behörden, Kontrollberichte etc. (Vollmacht/Auftragsbestätigung)

Anforderung an die Historische Untersuchung

- Beschreibung früherer Tätigkeiten und Nutzungen, aller umweltrelevanten Prozesse, Verwendung von umweltgefährdenden Stoffen etc.
- Kurze Zusammenfassung bereits durchgeführter Untersuchungen am Standort
- Überprüfung und Bewertung aller möglichen Freisetzungspfade
- Verdachtsmatrix
- Übersicht über Firmen, die an dem Standort tätig waren
- Erfassen der aktuellen Verhältnisse anlässlich einer Begehung
- Plausibilitätsprüfung (stimmen Informationen aus der HU mit den Gegebenheiten am Standort überein? (Leitungen, Kanalisation, Maschinenstandorte, etc.)

2. Pflichtenheft TU

Das Pflichtenheft beinhaltet eine Standortbeschreibung, Schutzgutbetrachtung sowie das Untersuchungsprogramm für die technische Untersuchung.

- | | |
|----------------------|---|
| Standortbeschreibung | <ol style="list-style-type: none">1. Fundierte geologische und hydrogeologische Beschreibung des Standortes inkl. Beschreibung des Bodenaufbaus (wenn Schutzgut)2. Heutige Nutzung inkl. Angabe zum baulichen Zustand (Versiegelung) |
| Schutzgutbetrachtung | Dieser Teilschritt dient dazu herauszufinden, welche Schutzgüter am vorliegenden Standort relevant sind, um darauf basierend die technische Untersuchung zu planen. |

Das Schutzgut Grundwasser ist an fast allen zu untersuchenden Standorten relevant. Die alleinige Feststellung, dass ein Standort ausserhalb der nutzbaren Grundwasservorkommen (Au) liegt, reicht nicht aus, um das Schutzgut als nicht relevant zu bezeichnen, denn auch für die übrigen Gewässerschutzbereiche (üB) sind Konzentrationswerte definiert. Nur in wenigen Ausnahmen kann das Schutzgut Grundwasser als nicht relevant beurteilt werden, wenn z.B. nachgewiesen kein Hangsickerwasser vorhanden und das Grundwasser in grossen Tiefen ist.

Das Schutzgut Oberflächengewässer gilt als relevant, wenn für einen Standort mindestens einer der folgenden Punkte zutrifft:

- befindet sich im Gewässerschutzbereich Ao
- befindet sich im Überflutungskorridor bei einem dreissig-jährlichen Hochwasserereignis (HQ₃₀)
- befindet sich im Gewässerraum (für Gewässer bei denen noch kein Gewässerraum ausgeschieden ist, gelten die Uferstreifen gemäss Übergangsbestimmungen der Gewässerschutzverordnung [GSchV])
- ist durch eine direkte Verbindung (z.B. eine Drainageleitung) mit dem Gewässer verbunden
- befindet sich über einem (eingedolten) Fliessgewässer
- befindet sich in einem Gewässer

Das Schutzgut Luft gilt als relevant, wenn nachfolgend aufgeführte Kriterien mit grosser Wahrscheinlichkeit zutreffen:

- Die Freisetzung (Emission) gasförmiger Stoffe vom Standort ist möglich
- Die Ausbreitung (Migration) gasförmiger Stoffe an einen Immissionsort, an dem sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten können, ist möglich. Damit sind im Regelfall bewohnte, geschlossene Räume gemeint. Im Einzelfall können aber auch weitere Orte an denen sich genügend Gas ansammeln kann, um eine unmittelbare Gefahr zu bilden, betroffen sein (insbesondere bei hohen Kohlendioxid- und Methankonzentrationen). Es ist im Rahmen der Schutzgutbetrachtung abzuklären, ob sich schwere oder allenfalls entzündliche Gase z.B. in Treppenhäusern, Abstellräumen, Keller-, Lager- und Archivräumen oder Tiefgaragen usw. ansammeln können und zu einer Gefährdung führen können. Es können auch Immissionsorte betroffen sein, die nicht direkt auf dem Standort liegen.

Das Schutzgut Boden ist relevant, wenn der Boden am Standort

- Landwirtschaftlich oder gartenbaulich genutzt wird
- Nicht auszuschliessen ist, dass Kinder regelmässig auf dem Standort spielen (z.B. Haus- und Familiengärten, Kinderspielplätze, Waldkindergärten, Parkflächen etc.)

Untersuchungsprogramm für die TU Welche Untersuchungsmethode die Schadstoffsituation repräsentativ, effizient und verhältnismässig erfasst, hängt von den Standorteigenschaften und dem Schutzgut ab. Nachfolgend werden die allgemeinen Anforderungen an die Untersuchungen für die Schutzgüter erläutert und im Anschluss wird auf die spezifischen Anforderungen für die verschiedenen Standorttypen eingegangen.

Untersuchungsprogramm Grundwasser

- Abklären der lokalen Hydrogeologie (inkl. Fliessrichtung des Grundwassers)
- Zur Bestimmung der lokalen Grundwasserfliessrichtung ist es möglich, intakte Grundwassermessstellen in der Umgebung miteinzubeziehen (Informationen zu vorhandenen Messstellen können beim AWEL, Sektion Altlasten oder Gewässerschutz, eingeholt werden)
- Sind keine intakten Grundwassermessstellen in der näheren Umgebung vorhanden, ist vorzuschlagen, wie die Fliessrichtung bestimmt werden kann.
- Die Grundwassermessstellen sind generell im Abstrombereich unmittelbar beim Standort zu erstellen. Ist das Erstellen einer Messstelle im unmittelbaren Abstrom des Standorts nicht möglich, sind Alternativen vorzuschlagen, die zu einer altlastenrechtlichen Beurteilung führen können. Die Anzahl der Grundwassermessstellen ist abhängig von der Breite des Standortes quer zur Fliessrichtung des Grundwassers. Bei homogenen Fliessverhältnissen gilt als Faustregel:
 - Bis 75 m: 1 Messstelle
 - Bis 150 m: 2 Messstellen
 - Ab 150 m: 1 zusätzliche Messstelle pro 100 m

Diese entspricht dem empirischen Ansatz gemäss Vollzugshilfe «Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten» (BUWAL, 2003).

Bei heterogenen Fliessverhältnissen können mehr Messstellen nötig sein.

- Die Grundwassermessstellen sind grundsätzlich mittels Kernbohrungen zu erstellen.
- Der Mindestdurchmesser der Grundwassermessstellen (Piezometer) beträgt 3”.
- Sollten Alternativen zu Kernbohrungen (z.B. Baggerschächte mit eingebauten Piezometer) vorgesehen sein, so ist dies ausreichend und plausibel zu begründen
- Es sind drei Probenahmen bei verschiedenen Grundwasserständen auszuführen.
- Bei einem Ablagerungsstandort umfasst das Analyseprogramm der ersten beiden Messkampagnen sämtliche Parameter gemäss Anhang 1 AltIV. Besteht ein Verdacht auf weitere Schadstoffe, sind diese ebenfalls ins Analyseprogramm aufzunehmen. Nach Absprache mit dem AWEL besteht die Möglichkeit den Analysenumfang bei der dritten Messkampagne zu reduzieren.
- Bei Betriebs- und Unfallstandorten ist das Analyseprogramm auf Basis der historischen Untersuchung zu erstellen (relevante Schadstoffe).

Untersuchungsprogramm Oberflächengewässer

Die BAFU-Vollzugshilfe «Belastete Standorte und Oberflächengewässer» (2020) ist massgebend.

Beprobung Sickerwasser und Drainagen	<ul style="list-style-type: none">– Zur Beprobung des Wassers, welches in ein oberirdisches Gewässer gelangen kann, sind Sickerwassermessstellen zwischen dem Standort und dem Gewässer zu planen.– Der Mindestdurchmesser der Piezometer beträgt 3".– Wird das Wasser aus dem Standort in Drainagen gefasst und in ein Oberflächengewässer geleitet, ist das Wasser aus den Drainagen zu beproben– Es sind drei Probenahmen zu unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen auszuführen (nach starker, mittlerer und schwacher Niederschlagsphase).– Kann das Sickerwasser nicht beprobt werden, sind im Pflichtenheft Alternativen vorzuschlagen, die zu einer altlastenrechtlichen Beurteilung führen können (z.B. Eluatversuche).
Beprobung Bachwasser	<ul style="list-style-type: none">– Insbesondere bei hohen Schadstoffgehalten im Sickerwasser und Gewässern mit einem geringen Verdünnungspotenzial sowie im Bereich von Eindolungen ist auch die chemische Untersuchung des Oberflächengewässers notwendig. Ein Bach ist oberhalb und unterhalb des Einflussbereichs des belasteten Standortes zu drei verschiedenen Jahreszeiten und gleichzeitig mit dem Sickerwasser zu beproben. Dabei ist darauf zu achten, dass die Probenahmen bei unterschiedlicher Witterung und Wasserführung im Bach durchgeführt werden. Die Wassertemperatur muss einmal über und einmal unter 10 Grad liegen. Einmal soll die Probenahme nach länger anhaltender Trockenheit, also unter Niederwasserverhältnissen, einmal nach länger anhaltendem Niederschlag, bei überdurchschnittlichem Abfluss erfolgen.– Die Bachwasser-Proben der ersten beiden Probenahmen sind bei Ablagerungsstandorten auf alle Parameter nach Anhang 1 AltIV zu untersuchen. Besteht ein Verdacht auf weitere Schadstoffe, sind diese ebenfalls ins Analyseprogramm aufzunehmen. Die Proben der dritten Probenahme werden nur noch auf diejenigen Schadstoffe analysiert, deren Konzentrationen in den ersten beiden Probenserien über den Bestimmungsgrenzen lagen. Eine Ausnahme davon stellen Ammonium und Nitrit dar, die immer bei allen drei Probenahmen gemessen werden müssen. Zusätzlich sind für die vollständige Beurteilung der Gewässerqualität bei allen drei Probenahmen die folgenden Parameter zu erfassen: Nitrat, Phosphat, Gesamtphosphor, gelöster organischer Kohlenstoff (DOC), Chlorid (für die Beurteilung der Gefährdung durch Nitrit), Temperatur (für die Beurteilung der Gefährdung durch Ammonium), Abflussschätzung.– Die Messgrössen sind entsprechend den Vorgaben der GSchV und des Moduls «Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe» zu beurteilen. Die Begleitparameter Temperatur, Chlorid, Abflussschätzung und Abfluss-Werte einer Vergleichsmessstelle sind in der Tabelle ebenfalls anzugeben, müssen aber nicht beurteilt werden. Es ist eine Gefährdungsabschätzung hinsichtlich des Oberflächengewässers durchzuführen.
Zustandsbeurteilung Eindolungen / Drainagen	Zustandsbeurteilung möglich durch Dokumentationen, Ausführungspläne und Sichtkontrollen – wenn dadurch keine Beurteilung möglich ist, muss der Zustand mittels Kamerabefahrung abgeklärt werden. Basierend auf den Untersuchungen sind Aussagen über ein mögliches Versagen (Einsturz, Kollaps) der Eindolung zu treffen. Es ist zu beurteilen, ob die Langzeitstabilität des Bauwerks für eine Restlaufzeit bis mindestens 2040 gesichert ist.

Beurteilung
Überflutungs- und
Erosionsgefahr

Für die Beurteilung einer Gefährdung ist von einem hundertjährigen Hochwasser HQ_{100} auszugehen. Ist für den Bereich des belasteten Standorts eine Naturgefahrenkarte (GIS) vorhanden, sind die Hochwasserabflüsse sowie die Überflutungsflächen daraus zu verwenden. Liegt ein belasteter Standort ausserhalb der kartierten Fläche und gibt es Hinweise auf Hochwassergefahr, so ist mittels des Leitfadens «Wegleitung punktuelle Gefahrenabklärung (AWEL/GVZ 2011)» eine Gefahrenabklärung durchzuführen. Ziel der punktuellen Gefahrenabklärung ist die provisorische Klassierung der Gefahrenstufe sowie der Wassertiefen im Bereich des belasteten Standortes.

Die Gefahrenbeurteilung soll durch eine Wasserbau-Fachperson erfolgen. Die Beurteilung muss folgende Punkte beinhalten:

- Bestimmen der Hochwasserabflüsse für die Jährlichkeiten HQ_{30} und HQ_{100} mittels z.B. Vergleich mit benachbarten und ähnlichen Einzugsgebieten, Extrapolation von bekannten Hydrologieberechnungspunkten oder der Software HAKESCH sowie HQx_meso_CH .
- Bestimmen der vorhandenen Abflusskapazität (offenes Gerinne, Durchlass, Eindolung) mittels Normalabflussberechnung.
- Festlegung von Szenarien (Schwemmholzverklauung und Geschiebeauflandung).
- Erkennen der Schwachstelle durch Vergleich der vorhandenen Abflusskapazität mit den Hochwasserabflüssen.
- Ermittlung der Austrittwassermenge und der Überflutungsfläche (z.B. mittels Methode Fliesswege).
- Aufzeigen der provisorischen Gefahrenkarte.

Basierend auf der punktuellen und provisorischen Gefahrenkarte kann die Auswirkung eines Hochwassers auf den belasteten Standort untersucht werden.

Beurteilung
Erosionsgefahr

vertikale Erosion

Liegt ein belasteter Standort im Überflutungsbereich eines Gewässers ist abzuklären, ob infolge vertikaler Erosion Abfälle freigelegt und weggeschwemmt werden können. Die Anfälligkeit für vertikale Erosion bei Hochwasserereignissen ist von verschiedenen lokalen Faktoren abhängig. Die Abklärung muss folgende Punkte beinhalten:

- Abschätzung der auftretenden Abflusstiefen, Fliessgeschwindigkeiten und Schubspannung (Schleppkraft) mittels Normalabflussberechnungen im massgebenden Querprofil der Erosionsstelle
- Beschrieb der Oberflächenbeschaffenheit (Vegetation, Nutzung, Versiegelung) und Abschätzung des Erosionswiderstandes (Grenzschubspannung) mittels Literaturwerten
- Vergleich der auftretenden Schubspannung mit der Grenzschubspannung des Terrains und Entscheid, ob vertikale Erosion stattfinden kann (z.B. Aufreissen der Vegetationsdecke)
- Gutachterliche Abschätzung der Ausdehnung der Tiefenerosion und Vergleich mit der Einlagerungstiefe der belasteten Schichten
- Entscheid, ob im Ereignisfall die Abfälle mobilisiert werden können

Beurteilung Erosionsgefahr **seitliche Erosion** Liegt ein belasteter Standort neben einem Gewässer ist abzuklären, ob infolge Seitenerosion Abfälle freigelegt und weggeschwemmt werden können. Die Anfälligkeit für Seitenerosion bei Hochwasserereignissen ist von verschiedenen lokalen Faktoren abhängig. Die Arbeitshilfe «Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern (FAN/SWV 2015)» kann als Grundlage verwendet werden. Die Seitenerosion kann durch die folgenden Gefährdungsbilder ausgelöst werden:

- Erosion am Böschungsfuss: Sohlenerosion, Kolkbildung oder die Erosion des Böschungsfusses destabilisieren die Böschung, so dass diese nachrutscht
- Direkter Strömungsangriff: Abtrag von Material kann auf der ganzen Höhe der Böschung auftreten oder nur auf einem unbefestigten Teil
- Erosion an der Böschungsoberkante: Durch Überströmen der Böschungsoberkante oder durch Hinterspülen der Ufersicherung wird die Böschungsoberkante erodiert

Die Abklärung zum Seitenerosionsprozess muss folgende Punkte beinhalten:

- Abschätzung der auftretenden Abflusstiefen, Fliessgeschwindigkeiten und Schubspannung (Schleppkraft) am Böschungsfuss und am Ufer mittels Normalabflussberechnungen im massgebenden Querprofil der Erosionsstelle
- Abschätzung der möglichen Kolkiefen (z.B. Kurvenkolk)
- Beschrieb der Oberflächenbeschaffenheit der Böschung (Vegetation, Art und Zustand Uferverbau) und Abschätzung des Erosionswiderstandes (Grenzschubspannung) mittels Literaturwerten
- Beurteilung der drei Gefährdungsbilder mittels Vergleichs der auftretenden Schubspannung mit der Grenzschubspannung des Ufers sowie Vergleich der Kolkiefen mit Einbautiefe Uferverbau
- Entscheid, ob Seitenerosion stattfinden kann
- Gutachterliche Abschätzung der Ausdehnung der Seitenerosion mittels z.B. Angaben aus vergangenen Hochwasserereignissen oder der Abschätzung von Grenzbreiten
- Vergleich der Ausdehnung der Seitenerosion mit der Lage des belasteten Standorts und Entscheid, ob im Ereignisfall die Abfälle mobilisiert werden können

Beurteilung Deponiestabilität Kleinere Deponien besitzen an ihrer Stirn in der Regel keinen stabilisierenden Damm aus Fremdmaterial. Wo vorhanden, fehlen allerdings häufig genauere Berechnungen der Dammsstabilität, insbesondere bezüglich potenzieller Niveauschwankungen von Deponiestauwasser. Die Frage der Deponiestabilität muss deshalb, speziell im Hinblick auf ein längerfristiges Risiko, beantwortet werden. Für die Beurteilung der Deponiestabilität sind grundsätzlich folgende Punkte zu beachten:

- Die Stabilitätsberechnungen haben auf Basis von anerkannten und aktuellen Normen zu erfolgen (z.B. SIA 260ff) und müssen nachvollziehbar sein
- Die Stabilität der Deponie soll durch eine geotechnische Fachperson beurteilt werden
- Als Basis für die Stabilitätsberechnungen dienen geologische bzw. hydrogeologische Grundlagen (insbesondere Baugrundsondierungen, Feld- und Laborversuche, Erfahrungswerte von benachbarten Aufschlüssen)

- Für die Berücksichtigung der Grund- und Hangwasserverhältnisse bzw. des Deponie-Stauwasserspiegels sind in der Stabilitätsberechnung, wenn möglich, Resultate aus lokalen Piezometermessungen heranzuziehen, falls keine gesicherten anderweitigen Informationen vorliegen (z.B. aus GIS-Grundwasserkarten)
- Im Allgemeinen soll für Lockergestein unterhalb des Deponie-Stauwasserspiegels keine Kohäsion berücksichtigt werden. Ausnahmen sind zu begründen
- Die Stabilitätsberechnungen haben in den massgebenden, für das Oberflächengewässer relevanten Schnitten zu erfolgen. Für die Ermittlung der massgebenden Schnitte sind insbesondere folgende Parameter zu berücksichtigen: Geländeneigung, Baugrundkennwerte (insbesondere Scherfestigkeit), potentielle Gleithorizonte (Schwächezonen im Schichtaufbau, aktive oder inaktive Gleitflächen), Lage und Gradient des Deponie-Stauwasserspiegels
- Es sind alle massgebenden Überprüfungssituationen zu berücksichtigen. Aus geotechnischer Sicht sind dies z.B.:
 - Böschungstabilität an der Deponiestirn im Ist-Zustand (ohne Hochwasser)
 - Böschungstabilität an der Deponiestirn im Hochwasserfall mit zugehörigem Deponie-Stauwasserspiegel
 - Gesamtstabilität (Deponiekörper, Damm und Untergrund) im Hochwasserfall z.B. Abgleiten durch hohe Wasserdrücke oder statischer Grundbruch bei wenig tragfähigem Untergrund
 - Im Weiteren ist zu beurteilen, ob es im Hochwasserfall zu einem Aufstau von Deponiesickerwasser kommen kann bzw. zur Bildung von Hangquellen mit Schadstoffaustrag. Hierfür ist nach Möglichkeit die Schichtung des Deponiekörpers zu berücksichtigen (insbesondere Schichtneigung, Durchlässigkeit, Anisotropie, Inhomogenität)

Untersuchungsprogramm Luft

Die Vollzugshilfen «Beurteilung des Schutzgutes Luft gemäss Art. 11 Altlasten-Verordnung, Vollzugshilfe für den Kanton Zürich» (AWEL, 2019) und «Probenahme und Analyse von Porenluft» (BAFU, 2015) sind massgebend und beschreiben das Vorgehen im Detail.

Ein etappiertes Vorgehen wird erwartet. Die erste Etappe besteht aus Porenluftbeprobungen am Emissionsort und der Abklärung von potentiellen Ausbreitungspfaden. Wird in einer Probe ein Schadstoffgehalt über dem Konzentrationswert nach Anhang 2 AltIV festgestellt und bestehen potentielle Ausbreitungspfade, so sind in einer zweiten Etappe Raumluftbeprobungen am Immissionsort durchzuführen.

Bei der Durchführung der Porenluftmessung ist gemäss Vollzugshilfe «Probennahme und Analyse von Porenluft», BAFU, 2015, vorzugehen. Die Vollzugshilfe beschreibt das vom Standorttyp abhängige Beprobungsraster, die Probenahmeverfahren und die Analytik bei untersuchungsbedürftigen belasteten Standorten und bei Bauvorhaben. Zur Probenahme haben sich aktive Verfahren (direkte und anreichernde Verfahren) durchgesetzt, bei denen entweder mittels Hohlsonde oder durch einen Packer Luft angesaugt wird.

Bei der Durchführung der Raumluftmessung sind zunächst mindestens zwei Messungen im Abstand von ungefähr sechs Monaten durchzuführen. Die Gaskonzentrationen müssen an folgenden Stellen gemessen werden:

- bei möglichen Eintrittspfaden für Immissionen (z.B. Werkleitungen, Risse, Fugen, Schächte)
- an möglichen Fremdquellen (z.B. neue Anstriche → Hinweise auf Quellen für Hintergrundbelastung)
- Zudem ist die durchschnittliche Raumluftbelastung zu bestimmen (in etwa 1.4 m Höhe und 2 m Abstand von Wänden)

Untersuchungsprogramm Boden

Als Boden gilt nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können (Art. 7 Abs. 4^{bis} USG). Die Grenze der Durchwurzelung kann Hinweise auf die Mächtigkeit des Bodens geben. Die Legaldefinition bezieht sich auf die Durchwurzelbarkeit und ist insbesondere bei jungen Auffüllungen und Rekultivierungen als Kriterium zu berücksichtigen. Die Beprobung des Bodens ist gemäss Handbuch «Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden» (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, 2003) zu planen und durchzuführen.

- Bei landwirtschaftlich genutzten Flächen sind Flächenmischproben der Schichten aus 0–20 cm (Oberboden) und 40–60 cm (Unterboden) und bei Spielplätzen aus 0–5 cm (Oberboden) und 40–60 cm (Unterboden) zu entnehmen. Sollte der Boden weniger mächtig sein als 60 cm, sind entsprechend die untersten 20 cm des Bodens zu beproben. Bei kombinierten Nutzungen kann es für die Gefährdungsabschätzung wichtig sein, sowohl die Schicht in 0–5 cm als auch in 0–20 cm zu beproben.
- Grosse Flächen sind in Teilflächen aufzuteilen. Für Familiengärten ist je eine repräsentative Mischprobe i.d.R. pro 200 m², für Landwirtschaftsflächen je eine repräsentative Mischprobe i.d.R. pro 1'000 bis 2'000 m² zu entnehmen. Bei der Lage der Flächen sind Abgrenzungen von Nutzungen und ggf. der Vegetation (hinsichtlich Gefährdungsabschätzung) sowie mögliche Faktoren für unterschiedliche Schadstoffkonzentrationen (Schadstoffquellen, Topografie, Auffüllungsetappen, bauliche Geschichte, überlagernde Immissionen...) zu beachten. Bei Hinweisen, dass die Grösse oder Lage des Eintrags im KbS von der realen Situation abweicht, ist das Probenahmekonzept entsprechend anzupassen.
- Die Proben sind gemäss Vorgaben der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) von einem (aktuell und für alle relevanten Schadstoffe) zertifizierten Labor (siehe Liste unter <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/nabo/service/vbbo-ringanalysen.html>) aufzubereiten und auf die standortrelevanten Parameter zu analysieren. In vielen Fällen kann dabei auf die Parameter in Anhang 3 AltIV abgestützt werden. Lassen die Ergebnisse der Historischen Untersuchung auf ein schmaleres Schadstoffspektrum schliessen, so kann ein reduziertes Analyseprogramm beantragt werden. Besteht hingegen ein Verdacht auf weitere Schadstoffe, sind diese ebenfalls ins Analyseprogramm aufzunehmen.

Anforderung an das Pflichtenheft für die Technische Untersuchung

- Standortbeschreibung (setzt eine Begehung voraus, falls nicht bereits im Rahmen der HU erfolgt)
- Schutzgutbetrachtung
- Belastungsmatrix
- Untersuchungsprogramm (Sondierprogramm, Probenahmeprogramm, Analyseprogramm)
- Beschreibung und Begründung der Untersuchungsstrategie (Etap pierungen, etc.)
- Übersichtliche Darstellung der wichtigsten Informationen in Plänen (inkl. mögliche Migrationspfade)
- Sondierplan
- Bei Grundwassermessstellen: Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für Sondierbohrungen
- Plausibilitätsprüfung
- Kostenschätzung (gesamthafte Angabe für die einzelnen Etappen ist ausreichend; detaillierte Aufschlüsselung ist nicht nötig)

Technische Untersuchung

Bei der technischen Untersuchung ist generell gemäss dem Pflichtenheft vorzugehen. Abweichungen davon können je nach Situation sinnvoll und sogar nötig sein. Es ist jeweils Absprache mit dem AWEL vorzunehmen.

Ziel der technischen Untersuchung ist die altlastenrechtliche Beurteilung gemäss Art. 8 AltIV. Anhand von Informationen über Standort, Schadstoffverteilung und Schutzgut ist eine Gefährdungsabschätzung durchzuführen.

Erwartet wird ein gut fundierter Bericht welcher im mindesten Folgendes enthält:

- Standortbeschreibung inkl. hydrogeologischer und geologischer Situation sowie Beschreibung des Bodenaufbaus
- Wichtigste Erkenntnisse aus der historischen Untersuchung
- Beschreibung Sondierungen und Probenahme
- Abweichungen vom Pflichtenheft, inkl. Begründungen (z.B. wenn Sondierungen nicht durchgeführt oder verschoben wurden; die Tiefe der Sondierungen von der geplanten abweicht; wenn der Boden weniger mächtig ist als erwartet und die entsprechende Schicht nicht beprobt wurde inkl. Begründung, warum diese nicht als Boden angesprochen wird, etc.) inklusive Nennung von Absprachen
- Resultate der Untersuchung
- Ergebnisse übersichtlich in Tabellenform darstellen
- Die Analysedaten für das Bach- und Sickerwasser sind in zwei separaten Tabellen darzustellen. Die Tabelle des Bachwassers enthält als Spalten die Messwerte an der Probenahmestelle oben (BO) und unten (BU) für alle Messkampagnen. In einer zusätzlichen Spalte sind für DOC, Ammonium, Nitrat und Schwermetalle die Anforderungen der GSchV, für Nitrit, Phosphat und Gesamtphosphor die Zielvorgaben des Moduls «Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe» aufzuführen. In einer weiteren Spalte sind für alle Messgrössen - falls vorhanden - die Konzentrationswerte gemäss AltIV aufzuführen.
- Gefährdungsabschätzung (Schadstoffpotential, Freisetzungspotential, Exposition/ Bedeutung der Schutzgüter)
- Plausibilitätsprüfung:
 - Ergeben die Resultate der TU ein schlüssiges Bild der vorliegenden Schadstoffsituation (Abfallqualität, Schadstoffherde, Ausbreitungspfade)?
 - Stimmen die Resultate der TU mit der in der HU definierten Risikobewertung der Untersuchungsflächen überein? Falls nicht, gibt es eine Erklärung dafür?
 - Falls bei der TU Überraschungen (z.B. unerwartete Schadstoffherde) zutage gekommen sind, gibt es Hinweise auf weitere?
- Altlastenrechtliche Beurteilung des Standortes (auf alle relevanten Schutzgüter bezogen)
- Vorschlag für das weitere Vorgehen

Der Anhang soll mindestens enthalten:

- Situationsplan mit Lage der ausgeführten Sondierungen und Lage der Bodenprobenahme
- Karte mit eingezeichneter Grundwasserfliessrichtung (zu jeder Probenahme)
- Darstellung der Belastung in Plänen und Profilschnitten (möglichst mit Geologie verschnitten)
- Geologische Ansprache der Bohrprofile
- Beschreibung des Bodenaufbaus und allfällige feldbodenkundliche Angaben zu pH, Gehalten an organischer Substanz und Ton: die Angaben zu Bodenaufbau umfassen mindestens die Mächtigkeit des Bodens, Schicht- und Horizontgrenzen, Untergrenze des Bodens, organoleptische Auffälligkeiten (z.B. Fremdstoffe, Geruch) sowie sonstige Materialbeschreibungen (bspw. wenn diese Abweichungen vom Pflichtenheft begründen). Angaben zu pH, organischer Substanz und Tongehalt sind für eine Gefährdungsabschätzung zwingend, i.d.R. sind dazu keine Laboranalysen erforderlich, d.h. Fühlprobe / visuelle Ansprache / pH Hellige im Feld ausreichend.
- Foto der Bohrkern
- Analyseberichte
- Probenahmeprotokolle
- falls neue Standortbegrenzung: Plan mit angepasstem KbS-Perimeter
- eventuell Fotodokumentation

Anforderung an die Technische Untersuchung

- Standortbeschreibung
- Benennung Schutzgüter gemäss Pflichtenheft
- Ergebnisse der Untersuchung
- Plausibilitätsprüfung
- Altlastenrechtliche Beurteilung
- Vorschlag für das weitere Vorgehen

Massgebende Vollzugshilfen und Merkblätter

- Vollzugshilfe «Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten» (BUWAL, 2003)
- Handbuch «Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden» (BUWAL, 2003)
- Vollzugshilfe «Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Nährstoffe» (BAFU, Juli 2010)
- Merkblatt «Anforderungen an Voruntersuchungen von CKW-Standorten» (AWEL, Februar 2015)
- Vollzugshilfe «Umgang mit CKW-Standorten» (BAFU, 2018)
- Vollzugshilfe «Beurteilung des Schutzgutes Luft gemäss Art. 11 Altlasten-Verordnung, Vollzugshilfe für den Kanton Zürich» (AWEL, 2019)
- Vollzugshilfe «Belastete Standorte und Oberflächengewässer» (BAFU, Juni 2020)
- Merkblatt «PFAS-Merkblatt für Altlastenvollzug Kt. Zürich» (AWEL, Juni 2022)