



Vollzugshilfe UV-1826/02/04

Bauabfälle – Schlämme aus der Bauwirtschaft

Ein Teil des Moduls «Bauabfälle»
der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Ver-
meidung und die Entsorgung von Abfällen
(Abfallverordnung, VVEA)

Stand: 05/2025, gültig ab 01.05.2025
Vorversionen: keine

Rechtliche Grundlagen: [USG Art. 30-30h](#)
[VVEA](#)

Betroffene Fachgebiete

Abfall	•	Altlasten	Biodiversität	Biotechnologie	Boden	Chemikalien	Elektrosmog und Licht	Klima	Landschaft	Lärm	Luft	Naturgefahren	Recht	Störfälle	UVP	Wald und Holz	Wasser
--------	---	-----------	---------------	----------------	-------	-------------	-----------------------	-------	------------	------	------	---------------	-------	-----------	-----	---------------	--------

Impressum

Rechtliche Bedeutung

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

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

Mitwirkende

Baustoff Kreislauf Schweiz, CD-OstCH, CD-NordwestCH, CD-SüdCH, CD-WestCH, CD-ZentralCH, Cemsuisse, Infra Suisse, VBSA

PDF-Download

<https://www.bafu.admin.ch/vollzugshilfen-abfall>

Eine gedruckte Fassung kann nicht bestellt werden.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

Die Originalsprache ist Französisch.

© BAFU 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Rechtliche Grundlagen und Geltungsbereich.....	5
2.1	Rechtliche Grundlagen.....	5
2.2	Geltungsbereich des Moduls.....	5
2.3	Definitionen	6
3	Allgemeines	7
3.1	Physikalische Eigenschaften der Schlämme	7
3.2	Schadstoffermittlung vor Baubeginn	7
3.3	Massnahmen zur Beschränkung der Verschmutzung	8
3.4	Verwertung der Bauschlämme	8
3.5	Ablagerung auf Deponien	8
3.6	Periodizität der Analysen	9
4	Aufbereitung und Entsorgungswege im Einzelfall	10
4.1	Bohrschlämme	10
4.1.1	Schadstoffe	10
4.1.2	Verwertung und Entsorgung	10
4.2	Betonschlämme.....	10
4.2.1	Schadstoffe	11
4.2.2	Verwertung und Entsorgung	11
4.3	Ausbruch- und Drainageschlämme aus Tunnels	11
4.3.1	Schadstoffe und Entsorgungswege	11
4.4	Waschschlämme von unverschmutztem Aushubmaterial	12
4.4.1	Schadstoffe	12
4.4.2	Verwertung und Entsorgung	12
4.5	Schlämme aus der Aufbereitung von Baustellenabwasser in mobilen Anlagen	12
4.5.1	Schadstoffe	12
4.5.2	Verwertung und Entsorgung	12
4.6	Schlämme aus ausserordentlichen Naturereignissen.....	13
4.7	Waschschlämme von mineralischen Rückbaumaterialien	13
4.8	Sedimentschlämme	13
4.8.1	Schadstoffe	13
4.8.2	Verwertung und Entsorgung	13
4.9	Zusammenfassung.....	14
	Literaturverzeichnis	16

1 Einleitung

Dieser Teil des Moduls «Bauabfälle» beschreibt die Anforderungen für die ökologisch sinnvolle Entsorgung von Schlämmen aus der Bauwirtschaft oder aus ausserordentlichen Naturereignissen. Die Entsorgung dieses Materials ist besonders herausfordernd, da seine physikalischen Eigenschaften und seine chemischen Belastungen vielfältig sind.

Neben den Problematiken im Zusammenhang mit ihren physikalischen Komponenten (Fluidität, Wasser-, Tongehalt usw.) können diese Schlämme auch hohe Schadstoffkonzentrationen aufweisen. Oft sind Schlämme aus der Bauwirtschaft nämlich das Resultat eines mechanischen Prozesses (Bohrung, Aushub- und Ausbrucharbeiten usw.), bei dem die spezifische Oberfläche des Ausgangsmaterials um ein Vielfaches vergrössert wird. Dadurch wird die für Sorption von Schadstoffen zur Verfügung stehende Oberfläche des Ausgangsmaterials stark erhöht, wodurch Schadstoffe in der Regel in der Feinfraktion aufkonzentriert auftreten.

2 Rechtliche Grundlagen und Geltungsbereich

2.1 Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG; SR 814.01), das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG; SR 814.20) und die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA; SR 814.600) legen die Grundsätze für eine umweltgerechte Bewirtschaftung von Bauabfällen fest.

2.2 Geltungsbereich des Moduls

Dieses Dokument regelt die Entsorgung von Schlämmen, die aus der Bauwirtschaft stammen oder bei ausserordentlichen Naturereignissen entstehen (siehe nachfolgende Liste).

Schlämme, die als Sonderabfälle gelten, werden nicht behandelt, ebenso wenig wie Schlämme, die bei Arbeiten an oder nahe bei belasteten Standorten anfallen. Dieser Teil des Moduls gilt auch nicht für Klärschlamm, Strassensammlerschlämme und Strassenwischgut sowie andere Schlämme, deren Entsorgung ausdrücklich in der VVEA geregelt ist. Bei Verdacht auf das Vorhandensein von Bauschadstoffen wird auf den Teil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen»¹ verwiesen.

In diesem Dokument werden folgende Arten von Schlämmen behandelt:

1. **Bohrschlämme** aus Arbeiten, die v. a. zur Installation von Erdwärmesonden ausgeführt wurden, inkl. Bentonit-Schlämme ohne Zement;
2. **Betonschlämme**, die bei der Herstellung (stationäre oder mobile Betonwerke) und der Verwendung (Baustelle) von Beton entstehen, sowie bei Vorgängen zur Stabilisierung des Untergrundes (Betoninjektionen und Spritzbeton). Eingeschlossen sind Betonschlämme, die Bentonit enthalten und bei den oben genannten Arbeiten eingesetzt werden;
3. **Ausbruch- und Drainageschlämme aus Tunneln**, die beim Bau von Untertagbauwerken entstehen (Schlämme aus der Aufbereitung des Aushub- und Ausbruchmaterials und des Drainage-Wassers);
4. **Waschschlämme**, die bei der Aufbereitung von zu verwertendem **unverschmutzten Aushubmaterial** anfallen.
5. **Schlammrückstände aus mobilen Anlagen auf Baustellen**, die zum Beispiel durch Radwaschanlagen oder Absetzbecken für das Baustellenabwasser entstehen;
6. **Sedimentschlämme** aus der Ausbaggerung von lakustrischen Sedimenten in Kanälen, Häfen, Teichen usw.;
7. **Schlämme aus ausserordentlichen Naturereignissen**, wie zum Beispiel Erdbeben, Murgängen usw.;
8. **Waschschlämme von mineralischen Rückbaumaterialien** im Rahmen ihrer Verwertung.

Die in diesem Dokument vorgestellten Entsorgungswege sind für Schlämme anwendbar, die in Filterkuchen umgewandelt oder mit einem Bindemittel stabilisiert wurden.

¹ Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen (BAFU 2020). Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)

2.3 Definitionen

Tabelle 1: Definitionen

Begriff	Erläuterung
Bauschlämme	Viskose Mischung aus Feststoffen, die durch Sedimentation oder Zentrifugierung von Baustellenabwasser entsteht. Rohschlamm, vor der Presse.
Filterkuchen	Rückstand von entwässertem Rohschlamm nach mechanischer Aufbereitung durch eine Presse oder einen Bandfilter.
Flockungsmittel	Stoff, der dem Abwasser hinzugefügt wird, damit sich aus den Festsubstanzen Flocken bilden, die sich setzen. In der Regel handelt es sich um Polymere, die das kolloidale Material anbinden, sodass grössere Flocken entstehen und dadurch deren Absetzgeschwindigkeit weiter erhöht wird.
Betonzusatzmittel	Stoffe, welche die Eigenschaften von Frischbeton und Festbeton durch einen chemischen oder physikalischen Vorgang beeinflussen.
Geogene Schadstoffe	Natürliche Stoffe (Schwermetalle, Asbest, Kohlenwasserstoffe usw.), die teilweise im Aushub- und Ausbruchmaterial vorkommen und auf die mineralische Zusammensetzung des Ursprungsgesteins zurückzuführen sind und nicht durch menschliche Aktivitäten eingebracht wurden.
Bentonit	Ton mit einem grossen Quellvermögen und einem hohen Anteil an Montmorillonit. Im Tiefbau wird Bentonit vor allem bei Bohrarbeiten verwendet.
Chrom – Cr(III) und Cr(VI)	Cr(III) und Cr(VI) sind verschiedene Oxidationsstufen des chemischen Elements Chrom (Cr). Sie bilden das sogenannte Gesamtchrom in der Zusammensetzung eines Materials. Cr(VI) ist wasserlöslich und ein starkes Oxidationsmittel, das toxisch und krebserregend ist. Es kommt vor allem im Zement vor und wird beim Abbinden des Betons zu Cr(III) reduziert. Cr(III) wiederum ist für den Menschen unbedenklich. Der Gehalt an Cr(VI) in Beton variiert je nach vorgesehener Zusammensetzung und Abbindezeit.
Bohrung mit Imlochhammer	Bei Bohrungen mit Imlochhammer erfolgt das Eindringen des Werkzeugs in das Gestein (Locker- oder Festgestein) durch eine kombinierte Rotations- und Schlagbewegung auf den Untergrund.
Rotary-Bohrverfahren	Beim Rotary-Bohrverfahren erfolgt das Eindringen des Werkzeugs in das Gestein durch Abreiben und Zerkleinern des Grundes, ohne Stoss, einzig durch Rotation.
Jet Grouting	Verfahren bei dem Zementsuspensionen unter Hochdruck in vorgebohrte Löcher eingespritzt oder eingebracht werden um vertikale oder horizontale Betonsäulen zu formen.

3 Allgemeines

3.1 Physikalische Eigenschaften der Schlämme

Die physikalischen Eigenschaften von Rohschlamm sind sehr heterogen und variieren je nach Herkunft. Er kann 5 bis 75 Prozent mineralische Feststoffe (massenmässig) enthalten. Der durchschnittliche Durchmesser dieser Feststoffe beträgt weniger als 0,5 mm.

Rohschlamm hat ein thixotropes Verhalten (Verflüssigung bei Rühren, fester Ruhezustand). So kann ein grundsätzlich «kompakter» Schlamm durch mechanische Einwirkung wieder verflüssigt werden, was zu Stabilitätsproblemen führen kann, insbesondere wenn er ohne vorhergehende Press- oder Stabilisierungsprozesse transportiert oder abgelagert wird.

3.2 Schadstoffermittlung vor Baubeginn

Schadstoffe und andere Fremdstoffe, die womöglich im Bauschlamm vorkommen, können je nach Herkunft der Materialien, aber auch nach der Arbeits- oder Behandlungsmethode variieren. Sie konzentrieren sich in der Regel im Feinanteil und werden am Ende des Pressvorgangs in den Presskuchen eingeschlossen. Deshalb können Presskuchen von Bauschlamm generell auch einen höheren Konzentrationsgrad aufweisen als das ursprüngliche Material.

Die Schadstoffe und sonstigen Fremdstoffe, die in den Bauschlämmen am häufigsten vorkommen, sind (nicht abschliessende Liste):

- überschüssige Flockungsmittel
- Stoffe aus der Gruppe der Kohlenwasserstoffe (aliphatische Kohlenwasserstoffe C₁₀–C₄₀ [KW_{C10-C40}], polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe [PAK])
- Metalle mit toxischen Eigenschaften; sechswertiges Chrom – Cr(VI)
- gesamter organischer Kohlenstoff – TOC₄₀₀
- per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)
- Sprengstoffrückstände

Gemäss VVEA müssen geogene Schadstoffe bei der Einstufung von Aushub- und Ausbruchmaterial nicht berücksichtigt werden. Die Behandlung dieses Materials im Hinblick auf eine Verwertung (z. B. Sieben, Zerkleinern) kann jedoch zu einer Konzentration dieser Schadstoffe im Feinanteil und, in der Folge, im Filterkuchen führen. Dies ist das Ergebnis menschlicher Eingriffe, die das Risiko für negative Umweltauswirkungen erhöhen.

Wenn eine signifikante Konzentration kritischer geogener Schadstoffe wie z.B. Arsen erwartet wird, empfiehlt es sich, diesen Faktor bei der Auswahl geeigneter Entsorgungswege für den Baustellenschlamm zu berücksichtigen.

Bei Baustellen an oder in der Nähe von Standorten, die vorhergehenden Belastungen ausgesetzt waren (z. B. bei Arbeiten an einem belasteten Standort), kann es besonders im Rahmen von Bohrarbeiten vorkommen, dass eine aussergewöhnliche und unerwartete Schadstoffsituation auftritt. Je nachdem können in einem solchen Fall weitere Untersuchungen nötig sein, und es ist ein gezieltes Programm zur Entnahme von Proben festzulegen.

Der Umgang mit Bauschlämmen ist unabhängig von der Grösse der Baustelle systematisch vor Baubeginn zu regeln, wie dies auch für alle anderen anfallenden Abfälle erforderlich ist (siehe Art. 16 VVEA)². So sind Hinweise darauf, dass die entstehenden Schlämme Schadstoffe enthalten könnten, vor Aufnahme der Arbeiten abzuklären. Besonders folgende Aspekte sollen evaluiert werden:

- Art der ausgeführten Arbeiten (Spritzbetonanwendungen, viele Baustellenfahrzeuge, Einsatz von Zusatzstoffen usw.);

² Siehe Teil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen» des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA.

- Geologie (allenfalls vorhandene geogene Schadstoffe);
- Vorhandensein von möglicherweise belasteten Standorten;
- Art der Dosierung sowie die Wahl des Flockungsmittels;
- Notwendigkeit von Massnahmen zur Beschränkung der Schadstoffbelastung bei der Planung von Arbeiten, bei denen Schlämme entstehen.

3.3 Massnahmen zur Beschränkung der Verschmutzung

Folgende Massnahmen sind umzusetzen, um die Verschmutzung der Bauschlämme zu beschränken:

- Überwachung des technischen Zustandes der Baumaschinen und -infrastrukturen (besonders Bohrwerkzeuge und Betonanlagen);
- Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen und Schmiermitteln, wenn technisch möglich;
- Präzise Dosierung der Flockungsmittel beim Absetzverfahren; Flockungsmittel, deren Verwendung dem Stand der Technik entspricht, gelten nicht als Schadstoffe. Der Restmonomergehalt muss unter 0,1 Prozent liegen.

3.4 Verwertung der Bauschlämme

Die meisten Rohschlämme enthalten variable verwertbare Sand- und Kiesanteile. Diese Materialien müssen gemäss ihren technischen Eigenschaften und ihrem Verschmutzungsgrad verwertet werden.

Die Bauschlämme werden zum Beispiel durch Absetzen in Rohschlamm umgewandelt, entweder direkt auf der Baustelle oder in einer Abfallaufbereitungsanlage. Sie werden danach gepresst und in Presskuchen umgewandelt. Üblicherweise werden Flockungsmittel eingesetzt, um die Sedimentation zu beschleunigen und den Pressvorgang zu erleichtern. Die Bauherrschaft hat sich zu vergewissern, dass die Wahl des Flockungsmittels sowie dessen Dosierung dem Stand der Technik entspricht und keine Gefährdung der Umwelt nach sich zieht.

Presskuchen dürfen gemäss Anhang 4 VVEA zum Beispiel bei der Herstellung von Zementklinker verwendet werden. Dieser Entsorgungsweg eignet sich besonders dann, wenn die Schlämme einen hohen Anteil an organischen Verbindungen enthalten.

Die Aufbereitungs- und Entsorgungsmöglichkeiten für die verschiedenen Arten von Schlamm sind in Kapitel 4 beschrieben.

3.5 Ablagerung auf Deponien

Generell ist eine Ablagerung auf einer Deponie nur dann vorzusehen, wenn eine Verwertung nach dem Stand der Technik nicht möglich oder nicht sinnvoll ist.

Nach Artikel 25 Absatz 3 VVEA dürfen flüssige Abfälle nicht abgelagert werden, und zwar aus technischen und ökologischen Gründen. Mit dem Kugeltest³ wird festgestellt, ob die Schlämme für eine Ablagerung auf einer Deponie ausreichend eingedickt sind, während die SIA-Norm 203 «Deponiebau» die technischen Aspekte (Stabilisierung, Entwässerung usw.) regelt. So ist es erforderlich, den Rohschlamm entweder zu entwässern – und nur den Presskuchen abzulagern – oder ihn in situ mit einem natürlichen oder industriellen Bindemittel zu stabilisieren.

Die Verwendung von Bindemitteln drängt sich besonders bei Schlämmen mit einer tonig-siltigen Zusammensetzung auf, einschliesslich beim Pressen. Diese Schlämme sind nämlich sehr elastisch und lassen sich deswegen nur schwer komprimieren. Manchmal können sie nur ungenügend gepresst werden, so dass sie die Deponierfähigkeit nicht erreichen.

³ BAFU, 2022: Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich, eine Vollzugshilfe zur AltIV und VVEA.

Unverschmutzte Schlämme dürfen zur Ablagerung auf Deponien des Typs A bzw. Verwertung in Wiederauffüllungen nur mit natürlichen Bindemitteln stabilisiert werden. Die Stabilisierung mit Zement ist dort verboten.

3.6 Periodizität der Analysen

Damit die Materialqualität leichter überwacht werden kann, empfehlen sich an den Standorten für die Aufbereitung der Bauschlämme folgende Massnahmen:

- Falls erforderlich, Trennung der verschiedenen Schlammarten in separate Aufbereitungsarten (z. B. Trennung der Schlämme aus Bohrungen mittels Bentonit oder Zusatzstoff von Schlämmen aus Bohrungen mittels Wasser).
- Bei Anlieferung der Schlämme und beim Ausgang der Produkte: regelmässige Analysen zur Kontrolle bestimmter als repräsentativ erachteter Parameter ($[KW_{C10-C40}]$, $Cr[VI]$ usw.).

Für die ständig genutzten Aufbereitungsarten mit wechselnden Rohstoffen sind periodische Kontrollanalysen durchzuführen (z. B. alle zwei Monate Analysen bei Material, das grundsätzlich unverschmutzt ist). Für die eher unregelmässig betriebenen Aufbereitungsarten ist das Intervall zwischen den Analysen je nach Materialfluss und nicht nach Zeitabstand festzulegen.

Die erste Aufbereitungscharge ist in jedem Fall zu analysieren, danach ist das Intervall risikobasiert festzulegen (angelieferte Menge, Homogenität und Ausmass der Verschmutzung, etc.). Eine repräsentative Probennahme ist sicherzustellen⁴. Eine Verlängerung oder Verkürzung der Intervalle kann im Einzelfall mit den kantonalen Behörden vereinbart werden. Die Analysevorschriften und der Kontrollrhythmus können im Betriebsreglement der Abfallaufbereitungsanlage festgelegt werden.

Bei Laboranalysen müssen die Probenahmen bei Gesteinswechsel oder Verdacht auf anthropogene Verschmutzung wiederholt werden (versehentliches Austreten von Treibstoff auf der Baustelle, ungewöhnliche Farbe oder Geruch usw.). Die durchgeführten Analysen werden wenn nötig fortlaufend an die angetroffenen Problematiken angepasst.

Enthalten Presskuchen Stoffe, für die in der VVEA keine Grenzwerte angegeben sind, so legt die Behörde im Einzelfall mit Zustimmung des BAFU den geeigneten Entsorgungsweg nach den Bestimmungen der Umweltschutz- und Gewässerschutzgesetzgebung fest (Anhang 3 Ziff. 3 VVEA).

⁴ BAFU 2019: Probenahme fester Abfälle. Ein Modul der Vollzugshilfe der VVEA.

4 Aufbereitung und Entsorgungswege im Einzelfall

Die in diesem Kapitel vorgestellten Verwertungs- und Entsorgungswege gelten für die Standardfälle. Bei Verdacht auf Vorhandensein von bestimmten Schadstoffen (Unfall auf Baustelle, geogene Belastungen, Arbeiten an belastetem Standort usw.) müssen Laboranalysen durchgeführt werden, um den Verschmutzungsgrad der entstandenen Schlämme sowie geeignete Wege für ihre Entsorgung zu bestimmen.

Die nachfolgend beschriebenen Entsorgungsempfehlungen (Verwertung und Ablagerung) sind umweltgerecht, entsprechen aber unter Umständen nicht den technischen Anforderungen der Abfallannehmer. Je nach gewähltem Verwertungsweg können dafür weitere Analysen notwendig werden.

4.1 Bohrschlämme

Schwerpunkt dieses Kapitels sind die Schlämme aus Bohrungen mit Imlochhammer und Drehbohrungen (Rotary-Verfahren). Diese Methoden werden insbesondere bei der Installation von Wärmetauscheinrichtungen angewendet.

Schlämme aus Tiefbohrungen oder aus oberflächennahen horizontalen Bohrungen in Lockergestein müssen wegen der grösseren Bandbreite an möglichen Zusatzstoffen und ihrer unterschiedlichen Beschaffenheit von Fall zu Fall geprüft werden. Die Entsorgungswege müssen in Absprache mit der zuständigen Behörde auf der Basis einer abschliessenden Liste der verwendeten Zusatzstoffe festgelegt werden.

4.1.1 Schadstoffe

Die konventionellen Schlämme aus Geothermiebohrungen (Sonden für Einfamilienhäuser und ähnliche Anlagen) können folgende Schadstoffe enthalten:

- aliphatische Kohlenwasserstoffe C_{10} - C_{40} . Eine Untersuchung von Analysedaten ergab, dass die gemessenen Gehalte normalerweise unter dem in der VVEA festgelegten Grenzwert von 500 mg/kg für die Ablagerung auf Deponien des Typs B liegen;
- überschüssige Flockungsmittel;
- gesamter organischer Kohlenstoff (TOC), bei Verwendung von Schmiermitteln auf Zellulosebasis oder Bohrungen durch Formationen mit viel organischer Substanz (Torf, lakustrische Sedimente usw.)

4.1.2 Verwertung und Entsorgung

Bohrschlämme dürfen weder auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht (weder direkt noch nach Vermischung mit Hofdünger), noch in Gewässer oder ins Abwasser geschüttet werden.

Bohrschlämme können ohne Analyse im Deponiebau (Anhang 2 VVEA) verwertet oder auf einer Deponie des Typs B abgelagert werden (Anhang 5 Ziff. 2.3 VVEA).

Die Verwertung für die Herstellung von Zement und Beton gemäss Anhang 4 VVEA darf nur unter der Voraussetzung erfolgen, dass mindestens der Gehalt an Kohlenwasserstoffen C_{10} - C_{40} sowie allfälligen weiteren spezifischen Schadstoffen ermittelt wird. Das Ablagern von Bohrschlämmen auf Deponien des Typs A ist unter denselben Bedingungen gestattet⁵, mit einer Bewilligung der kantonalen Behörden.

4.2 Betonschlämme

Betonschlämme entstehen bei der Ausführung von Stabilisierungsarbeiten (Spritzbeton, Jet Grouting usw.) oder bei der Produktion einer grossen Menge von Beton auf der Baustelle (Betonwerk).

⁵ Einhaltung der Grenzwerte gemäss Anhang 3 Ziffer 1 VVEA für die $KW_{C_{10}-C_{40}}$ und allfälliger weiterer kritischer Schadstoffe, deren Vorhandensein vermutet wird.

Bei Stabilisierungsarbeiten (Pfähle, Verankerungen, Jet Grouting usw.) ist die Rückflussmenge sehr variabel. Bei Massnahmen zur vertikalen Bodenkonsolidierung beträgt sie 10 bis 15 Prozent der Injektionslösung. Beim Spritzbetonverfahren (z. B. beim Tunnelvortrieb) kann sich dieser Anteil vervielfachen.

4.2.1 Schadstoffe

Betonschlämme enthalten immer Cr(VI) (Chromat) wegen der Verwendung von Zement. Während der Zementanteil bei Standard- und Spritzbeton 5 bis 20 Prozent der Masse ausmacht, kann er bei Betoninjektionen auf bis zu 50 Prozent steigen. Ausserdem begrenzt die kurze Abbindezeit dieser Betonarten die Reduktion von Cr(VI) zu Cr(III). Betonschlämme können daher hohe Restgehalte an Cr(VI) aufweisen.

Je nach Art der durchgeführten Arbeiten und der gewählten Betonrezepturen können weitere Schadstoffe – beispielsweise Kohlenwasserstoffe – im Betonschlamm enthalten sein. In diesem Fall muss eine gesonderte Beurteilung der Entsorgungswege vorgenommen werden.

4.2.2 Verwertung und Entsorgung

Betonschlämme werden üblicherweise nicht gepresst, sondern an der freien Luft ausgehärtet.

Die Betonschlämme müssen wie folgt verwertet werden:

- in unverfestigter Form: Rückführung in das Baustellenbetonwerk;
- in verfestigter Form: a) als Zuschlagstoff für Beton oder für die Herstellung von Rohmehl in Zementwerken (Anhang 4 VVEA) oder b) beim Bau von Deponien (Anhang 2 VVEA)

Ist keine Verwertung möglich und sind die Schlämme ausgehärtet, können sie in Deponien des Typs B abgelagert werden (Anhang 5 Ziff. 2.1 Bst. g VVEA).

Die Verwertung von Betonschlämmen in ungebundener Form ist nicht zulässig.

4.3 Ausbruch- und Drainageschlämme aus Tunnels

Die in diesem Kontext entstehenden und hier behandelten Schlämme sind:

- *Schlämme aus der Aufbereitung von Tunnelwasser (TWA-Schlämme⁶):*
Gefilterter und gepresster Schlamm aus Tunnelwasseraufbereitungsanlagen, in denen im Allgemeinen eine Mischung von unverschmutztem Grundwasser und Baustellenschlämmen aufbereitet wird.
- *Schlämme aus der Materialaufbereitungsanlage (MAB-Schlämme⁷):*
Schlämme aus der Aufbereitung von Ausbruchmaterial, welches gewaschen, zerkleinert und sortiert wird, um als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen verwendet zu werden.

Die hier behandelten Vortriebsmethoden sind:

- Vortrieb durch Abrieb/Zerkleinerung, mittels Tunnelbohrmaschine;
- Sprengvortrieb, mittels Sprengstoff. Sprengstoff kann parallel zu einem Vortrieb mittels Tunnelbohrmaschine verwendet werden, um Nischen, Quertunnels usw. herausbrechen.

4.3.1 Schadstoffe und Entsorgungswege

Schlämme aus Ausbrucharbeiten können folgende Schadstoffe enthalten:

- Stickstoffverbindungen⁸ aus der Verwendung von Sprengstoffen

⁶ TWA-Schlämme: Zusammengesetzter Begriff aus dem Akronym für Tunnelwasseraufbereitungsanlage (TWA) und Schlämme.

⁷ MBA-Schlämme: Zusammengesetzter Begriff aus dem Akronym für Materialaufbereitungsanlage (MAB) und Schlämme

⁸ Nitrit (NO₂-); Nitrat (NO₃-); Ammonium (NH₄⁺). Messung durch Sickerwasser während 24 Stunden gemäss VVEA);

- Cr(VI) aus Spritzbeton
- aliphatische Kohlenwasserstoffe C_{10–40} aus Schmiermitteln, Treibstoffen, Zusatzstoffen und mechanischen Ölen, die auf der Baustelle verwendet werden
- Zusatzstoffe (Flockungsmittel oder Verflüssiger, Tenside usw.)

Die in Tunnelschlämmen enthaltenen Schadstoffe sind je nach Typ (TWA- oder MAB-Schlämme) und Ausbruchmethode unterschiedlich. Die Entsorgungswege werden gemäss den in der VVEA festgelegten Grenzwerten bestimmt.

4.4 Waschschlämme von unverschmutztem Aushubmaterial

Bei der Aufbereitung von zu verwertendem unverschmutzten Aushubmaterial fallen Schlämme an.

4.4.1 Schadstoffe

Dieses Kapitel bezieht sich auf Materialien, bei denen kein Verdacht auf Verschmutzung besteht.

4.4.2 Verwertung und Entsorgung

Unverschmutztes Aushubmaterial (Art. 19 Abs. 1 VVEA), bei dem kein Verdacht auf eine Verschmutzung besteht, darf als solches ohne Analyse verwertet werden⁹. Schlämme aus der Verwertung dieses Materials können ebenfalls ohne weitere Analyse als unverschmutzt erachtet werden, sofern kein Verdacht einer Verschmutzung vorliegt. Wenn keine Verwertung möglich ist, können sie auf einer Deponie des Typs A (Anhang 5 Ziffer 1 Buchstabe b VVEA) abgelagert werden.

4.5 Schlämme aus der Aufbereitung von Baustellenabwasser in mobilen Anlagen

Dieses Kapitel gilt für alle Schlämme aus dem Absetzen von Baustellenabwasser, einschliesslich Radwaschanlagen.

4.5.1 Schadstoffe

Folgende Schadstoffe können potenziell in den Schlammrückständen aus der Aufbereitung von Baustellenabwasser enthalten sein:

- überschüssige Flockungsmittel
- Bauschadstoffe wie Schwermetalle, Asbest und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Cr(VI) aus der Betonherstellung
- aliphatische Kohlenwasserstoffe C_{10–40} aus Schmiermitteln, Treibstoffen, Zusatzstoffen und mechanischen Ölen, die auf der Baustelle verwendet werden

4.5.2 Verwertung und Entsorgung

Die Zusammensetzung der Presskuchen aus den Absetzschlämmen auf den Baustellen hängt von den durchgeführten Arbeiten ab. Sind bei Abbrucharbeiten Bauschadstoffe vorhanden, sind die geeigneten Entsorgungswege von Fall zu Fall zu definieren.

⁹ Siehe auch: Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial. Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA (BAFU, 2021)

Rückstände oder Presskuchen sind auf Kohlenwasserstoffe C₁₀–C₄₀ zu untersuchen und entsprechend den Ergebnissen gemäss VVEA zu entsorgen. Ohne Analyse müssen sie auf Deponien des Typs E abgelagert werden.

4.6 Schlämme aus ausserordentlichen Naturereignissen

Bei der Bewältigung der Folgen von extremen Naturereignissen (Überschwemmungen, Erdbeben, Murgänge usw.) müssen grosse Schlammengen abtransportiert werden. Dabei gibt es folgende Optionen:

- a. Ereignis ausserhalb von überbauten Gebieten: Die Schlämme können grundsätzlich als unverschmutzt betrachtet und als solche entsorgt werden.
- b. Ereignis, das zur Zerstörung von Gebäuden bzw. Bauwerken geführt hat:
 - i. Mineralische Abfälle: Verwertung im Deponiebau (Anhang 2 VVEA) oder Ablagerung auf einer Deponie des Typs B.
 - ii. Mischabfälle oder Vorhandensein von Schadstoffen: Entsorgung auf einer Deponie des Typs E gemäss Anhang 5 Ziff. 5.1 Bst. b. VVEA

4.7 Waschschlämme von mineralischen Rückbaumaterialien

Schlämme, die aus der Nassaufbereitung von Rückbaumaterialien zum Zweck deren Verwertung anfallen, können verschiedenste Schadstoffe enthalten. Die Entsorgungswege sind in Kapitel 4.4 des Teils «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien» des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA beschrieben.

4.8 Sedimentschlämme

Die Ausbaggerung von Teichen, Hafenanlagen, Schifffahrtskanälen und Staudämmen produziert grosse Volumina an Gewässersedimenten (Sedimentschlämme), die in unterschiedlichem Ausmass verschmutzt sein können.

4.8.1 Schadstoffe

Sedimentschlämme können hohe Konzentrationen an Schadstoffen, wie z.B. Schwermetalle, Kohlenwasserstoffe (C₁₀–C₄₀), PAK, polychlorierte Biphenyle (PCB), zinnorganische Verbindungen (aus Schiffanstrichen), Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Fremdstoffe, wie Kunststoff, Glas und Metall aufweisen. Diese Schad- und Fremdstoffe stammen zum Beispiel aus der Industrie, der Landwirtschaft, der Schifffahrt, den Abwasserreinigungsanlagen oder dem Strassenverkehr.

4.8.2 Verwertung und Entsorgung

Eine Verwertung von Sedimentschlämmen in der Landwirtschaft ist aufgrund der technischen und qualitativen Eigenschaften des Materials selten sinnvoll. Die positive Wirkung auf landwirtschaftliche Böden muss durch ein vollständiges Dossier nachgewiesen werden, das zuhanden des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) zu erstellen ist. Das BLW kann dann nach einer Bewertung die entsprechende Zulassung erteilen oder verweigern.

Wenn keine Verwertung möglich ist, müssen die Sedimentschlämme - mit oder ohne vorgängige Behandlung in einer Bodenwaschanlage - gemäss der VVEA entsorgt werden. Das Analyseprogramm wird von Fall zu Fall in Abstimmung mit den zuständigen kantonalen Behörden festgelegt.

4.9 Zusammenfassung

Entsprechend dem Grundsatz einer effizienten Kreislaufwirtschaft ist die Verwertung von Abfällen stets einer Ablagerung auf Deponien vorzuziehen. Tabelle 2 fasst die in den vorangehenden Kapiteln dargelegten Grundsätze zusammen.

Tabelle 2

Kap.	Schlammtyp (Presskuchen oder in verfestigter Form)	Bedingungen und ggf. empfohlene Analysen ¹⁾	Entsorgungswege ²⁾				
			1	2	3	4	von Fall zu Fall
4.1	Bohrschlämme LVA Code: 01 05 04, 01 05 05	Analysen: KW _{C10-C40}	(x)	x	x	x	x
		-			x	x	
4.2	Betonschlämme (Stabilisierungsarbeiten) LVA Code: 17 01 01	Die Verwertung von Betonschlamm in ungebundener Form ist nicht erlaubt.		x	x	x	
4.3	Ausbruch- und Drainageschlämme aus Tunnels LVA Code: 19 02 05, 19 02 06	Analysen: Cr(VI), KW _{C10-C40} ; bei der Verwendung von Sprengstoffen zusätzlich: Stickstoffverbindungen					x
4.4	Waschschlämme von unverschmutztem Aushubmaterial (einschliesslich Steinbrüche und Kiesgruben) LVA Code: 01 04 12	-	x	x	x	x	
4.5	Schlämme aus der Aufbereitung von Baustellenabwasser in mobilen Anlagen (einschliesslich Radwaschanlagen) LVA Code: 19 02 06	Analysen: KW _{C10-C40}					x
		-				x	
4.7	Schlämme aus ausserordentlichen Naturereignissen	Ereignis ausserhalb von überbauten Gebieten LVA Code: 17 05 06	x	x	x	x	
		Ereignis, das zur Zerstörung von Gebäuden bzw. Bauwerken geführt hat (mineralische Abfälle) LVA Code: 17 05 97, 17 05 94			x	x	
		Ereignis, welches zur Zerstörung von Gebäuden bzw. Bauwerken geführt hat (Mischabfälle oder Vorhandensein von Schadstoffen) LVA Code: 17 05 91, 17 05 05				x	x
4.8	Waschschlämme von mineralischen Rückbaumaterialien LVA Code: 19 02 06	Siehe Kapitel 4.4 des Teils «Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien» des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur VVEA					x
4.9	Sedimentschlämme LVA Code: 19 02 05, 19 02 06	Analyseprogramm von der kantonalen Behörde zu bestimmen und Entsorgung gemäss VVEA. Eventuelle Verwertung in der Landwirtschaft nach Bewilligung durch das Bundesamt für Landwirtschaft.					x

1) Sofern kein Verdacht auf das Vorhandensein weiterer Schadstoffe besteht (Zusatzstoffe, industrielle Nutzung, belasteter Standort usw.).

2) 1: Verwertung als unverschmutztes Material oder Ablagerung auf einer Deponie des Typs A.

2: Verwertung als Zuschlagstoff für Beton oder für die Herstellung von Rohmehl in Zementwerken (Anhang 4 VVEA) oder beim Bau von Deponien (Anhang 2 und Anhang 5 Ziff. 2.3 VVEA). Die Analysen müssen zeigen, dass die Grenzwerte gemäss Anhang 3 Ziff. 2 VVEA eingehalten werden.

3: Verwertung im Deponiebau (Anhang 2 und Anhang 5 Ziff. 2.3 VVEA) oder Ablagerung auf einer Deponie des Typs B.

4: Ablagerung auf einer Deponie des Typs E (Anhang 5 Ziff. 5 VVEA)

x: Empfohlener Entsorgungsweg, wenn die Anforderungen erfüllt sind.

(x): Entsorgungswege mit Zustimmung der zuständigen kantonalen Behörden.

Hinweis: Bei Durchführung von Laboranalysen müssen die Entsorgungswege entsprechend den Ergebnissen und gemäss der VVEA festgelegt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] BAFU 2001 «Empfehlung für die Entsorgung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial, das mit Flockungsmitteln versetzt ist».
- [2] SIA-Norm 431 «Entwässerung von Baustellen».
- [3] BAFU 2004 «Wegleitung Grundwasserschutz».
- [4] BAFU 2017 «Danger à long terme des sites pollués aux hydrocarbures lourds (HAP): Etat des connaissances et recommandation ». Büro eOde, Neuenburg.
- [5] Fachstelle für Forstliche Bautechnik 2016 «Argiles, limons et stabilisation des sols». Büro CEFOR, Lyss.
- [6] DGE Waadt 2006 «Eaux souterraines issues de forages géothermiques – Principes de protection des eaux et d'élimination des boues».
- [7] Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern 2018 «Allgemeine Bedingungen, Auflagen und Hinweise für die Erstellung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen»
- [8] FSKB Informationsmagazin «INFO», Ausg. Nov. 2017, S. 12 «Kieswaschschlamm: Überschuss oder Material mit Potenzial?»
- [9] BAFU 2014 «Kurzbericht UMTEC: Feldversuche vs. Kugelfalltest». Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Rapperswil.
- [10] BAFU 2013 «Abklärung zum Inventar an umweltrelevanten Schlämmen in der Schweiz». Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Rapperswil.
- [11] QuAntuM – Forschung im Strassenwesen des UVEK, Projekt Nr. AGT 2017/001, Arbeitsdokument, Stand Mai 2020.
- [12] Schlammkonditionierung. Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), 12.07.2017.
- [13] Chemsuisse 2017 Zement und zementhaltige Produkte – Information zum Chemikalienrecht. Merkblatt D09.
- [14] BETONSUISSE 2018 Herstellung von Beton: Umweltgerechter Umgang mit chromathaltigen Betonschlämmen.
- [15] BFE 2012 Utilisation de la géothermie profonde pour le chauffage de grands bâtiments avec des pompes à chaleur à très hautes performances.
- [16] BAFU 2020 Mischabbruchverwertung in der Schweiz. Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Freienbach.
- [17] BAFU 2014 Entsorgung von Schlämmen aus der Bauwirtschaft. Hinweis für die Praxis. GEO Partner AG, Zürich.
- [18] BAFU 2021 Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial. Teil des Moduls «Bauabfälle» der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA).