

Strassensammlerschlämme und -wischgut

Grundlagen für die Behandlung und die Entsorgung



Rothenburg, 03.03.2025

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)



IMPRESSUM

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern

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

Auftragnehmer

IPSO ECO AG, CH-6023 Rothenburg

Autoren

Niklaus Renner (IPSO ECO AG)

Lukas Rieben (IPSO ECO AG)

Chris Maissen (IPSO ECO AG)

Begleitung

Andreas Gössnitzer (BAFU), Clara-Marine Pellet (BAFU)

Begleitgruppe Stand der Technik (VVEA): Thilo Arlt (Kanton Solothurn), Matthieu Buchs (BAFU), Sebastien Fracheboud (Kanton Waad), Tensing Gammeter (Kanton St. Gallen), Andreas Gössnitzer (BAFU), Johanna Otto (Kanton Luzern), Leo Simon Morf (Kanton Zürich), Martin Moser (Kanton Bern, Cercle Déchets), Thierry Pralong (Kanton Wallis), Christiane Wermeille (BAFU)

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Titelbild

IPSO ECO AG



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	1
2	Zusammenfassung	2
3	Rechtliche Grundlagen	3
4	Behandlungsziel	5
4.1	Verarbeitung auf stationären Anlagen	5
4.2	Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen	5
5	Systemgrenzen	6
6	Charakterisierung der Abfälle	7
6.1	Inputfraktionen	7
6.1.1	Strassenwischgut	7
6.1.2	Strassensammlerschlämme	8
6.1.3	Optimale Mischfraktion (Strassensammlerschlämme und -wischgut)	8
6.2	Outputfraktionen	8
7	Verfahrensarten	9
7.1	Aufbereitung in stationären Anlagen	9
7.2	Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen	9
8	Relevante Prozessschritte	10
8.1	Wirksame nassmechanisch-physikalische Separationstechnologien in stationären Anlagen	10
8.2	Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen	12
9	Grundsätze des Behandlungserfolgs	12
9.1	Stationäre Anlagen	12
9.2	Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen	13
10	Verfahrensindikatoren	13
10.1	Erläuterungen zu den Verfahrensindikatoren	13
10.1.1	Schadstoffbelastung der zu verwertenden Fraktionen	13
10.1.2	Stoffliche Verwertungsquote (optional)	14
10.1.3	Minimale Fraktionsanzahl	14
10.1.4	Entfernung von Fremdstoffen	14
10.1.5	Schadstoffbelastung des Abwassers	14
11	Stand der Technik und wirtschaftliche Tragbarkeit	15
11.1	Bedeutung des Begriffs des Standes der Technik	15
11.2	Wirtschaftliche Tragbarkeit	15
12	Hinweise für den Vollzug	16
12.1	Verwertung der Outputfraktionen aus stationären Anlagen	16
12.1.1	Verwertungswege für mineralische Outputfraktionen	16
12.1.2	Repräsentative Probenahme und Schadstoffanalysen	17
12.1.3	Folgerungen für die Bewilligungspraxis	18
12.1.4	Betriebsreglement	18
12.2	Einleitung des Abwassers aus Saugwagen	18
	Glossar	19
	Literaturverzeichnis	20



ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1 Musterdokumentation für den Nachweis des Behandlungserfolgs bei stationären Anlagen



1 EINFÜHRUNG

In der Abbildung 1 sind die Mengen an Strassensammlerschlämmen von 2017 ablesbar (rund 140'000 t). Die Mengen an Strassenwischgut wurden nicht erhoben. Aus dem Berichtsjahr 2022 hingegen liegen Angaben vor: So fielen in jenem Jahr 53'046 t Strassenwischgut [nk] (LVA-Code 20 03 03) und 145'511 t Strassensammlerschlämmen [S] (LVA-Code 20 03 06) an. Von den Schlämmen aus physikalisch-chemischer Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten [S] (LVA-Code 19 02 05) waren es 37'858 t, wobei nur ein Bruchteil davon in den Bearbeitungsbereich dieses Dokuments fallen.

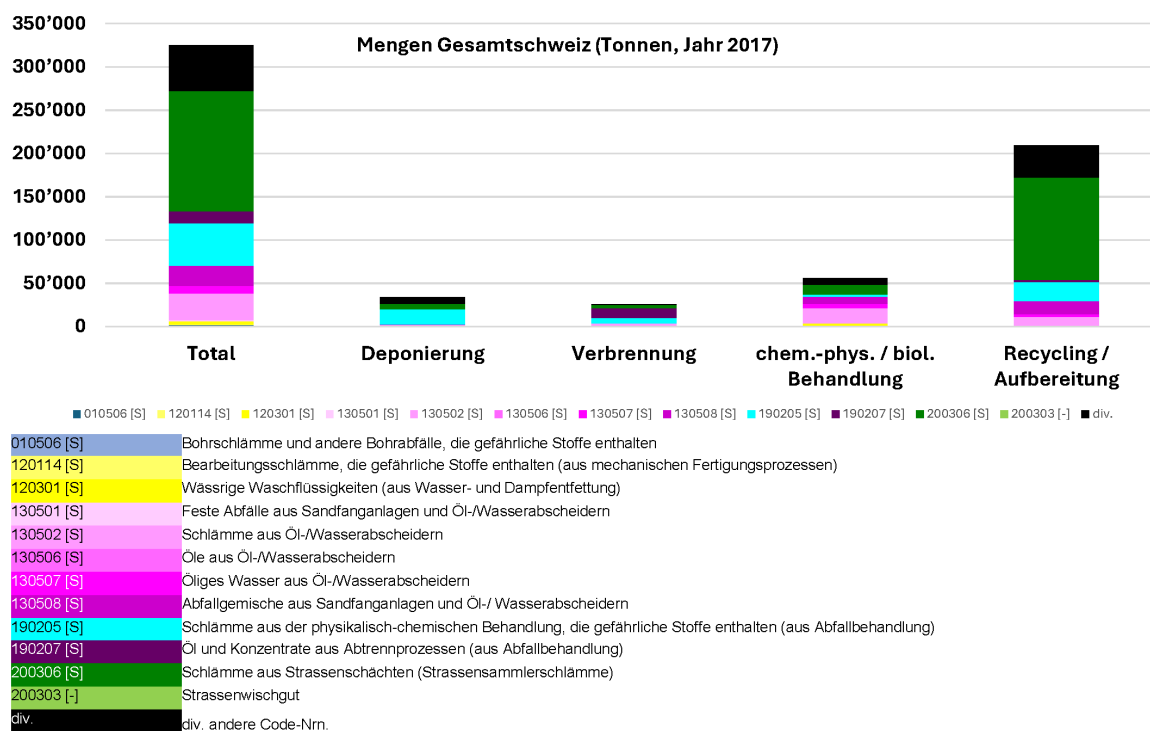


Abbildung 1: Mengen der im vorliegenden Kontext als wesentlich eingeschätzten Abfallkategorien für die Gesamtschweiz (2017). Der Auszug führt die nicht-kontrollpflichtigen Abfälle [nk] nicht auf, das Strassenwischgut ist daher im Säulendiagramm nicht zu finden.

Eine Begleitgruppe hat aus Gründen der im Vollzug bislang fehlenden Vorgaben und lückenhafter Mengengerüste relativ früh entschieden, dass es für die strassenbürtigen Abfälle eine Ermittlung zum Stand der Technik geben soll.

Ziele, die mit diesem Dokument erreicht werden sollen, sind die Feststellung der Leistungsfähigkeit der Abfall-Behandlung in den entsprechenden Anlagen, insbesondere hinsichtlich der Erzeugung von verwertbaren Fraktionen. Dies auch mit dem Hintergrund, dass mit gesteigerter Verwertung Depo-nievolumen geschont werden kann. Des Weiteren sollen mit dem Dokument innovative Umsetzungen aufgezeigt werden. Im Sinne eines Nachschlagewerkes soll das Dokument helfen, die fachlichen Begrifflichkeiten zu definieren und eine einheitliche Verwendung zu fördern. Nicht zuletzt hat die Ermittlung auch eine Vereinheitlichung und Erleichterung des kantonalen Vollzugs zum Ziel.

Methodisch hält sich diese Untersuchung an die Empfehlungen im Modul Allgemeine Bestimmungen, Kapitel 3 Stand der Technik der VVEA-Vollzugshilfe. Gemäss Abbildung 1 dieser Vollzugshilfe handelt es sich im vorliegenden Zusammenhang um eine Ermittlung des Stands der Technik bezüglich eines



spezifischen Abfalls, d.h. der Betrachtungsgegenstand umfasst sowohl Anlagen als auch verschiedene Prozesse zur Behandlung strassenbürtiger Abfälle. Die Abgrenzung dieser Behandlungen zu solchen in Bezug auf belasteten Aushub ("Bodenwaschanlagen") soll für Praxis und Vollzug eine verbesserte Übersichtlichkeit und Kategorisierung schaffen.

Für das praktische Vorgehen war bestimmend, dass es nur sehr wenige konkrete Grundlagen hinsichtlich der im Fokus stehenden Abfalltypen gab. Daher wurden nach einem vorher ausgearbeiteten Probenahmekonzept vier aufgrund der verarbeiteten Mengen repräsentative, fortschrittliche Anlagen untersucht und daraus verallgemeinerte Grundsätze für die Behandlung abgeleitet. Dabei stand der Behandlungserfolg (und dessen Dokumentation) im Mittelpunkt der Betrachtungen.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem vorliegenden Dokument zu den Grundlagen für die Behandlung und Entsorgung von Strassensammlerschlämme und -wischgut soll zukünftig der Stand der Technik für die Behandlung von Schlämmen aus Strassenschächten und Strassenwischgut definiert werden. Dadurch soll der Vollzug der Entsorgung sogenannter "strassenbürtiger Abfälle" vereinheitlicht werden.

Strassensammlerschlämme und Strassenwischgut werden in der Schweiz in Anlagen aufbereitet, die auf einer nassmechanisch-physikalischen Separationstechnologie beruhen. Dabei werden verwertbare mineralische Anteile abgetrennt und – sofern es die Schadstoffbelastung zulässt – verwertet.

Um eine abfallrechtliche Bewilligung zu erlangen, hat eine Anlage dem Stand der Technik zu entsprechen und eine Verwertung der mineralischen Fraktion durch Abtrennung und Auswaschung von Schad- und Fremdstoffen zu ermöglichen. Es sind je nach Verwertungsweg die entsprechend geltenden Grenzwerte der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) [1] einzuhalten. Die organische Fraktion ist, wie in Artikel 22 VVEA vorgegeben, thermisch zu behandeln.

Durch umfassende Probenahmekampagnen und Fraktionsanalysen bei mehreren stationären Strassenabfallbehandlungsanlagen konnte hergeleitet werden, dass die Schadstoffbelastung der Inputfraktionen von drei Faktoren abhängig ist: Erstens von der mineralisch-organischen Zusammensetzung, zweitens von der Herkunft – z. B. städtisch, ländlich oder von einem Industriegelände kommend – und drittens von der Jahreszeit. Im Frühling und Sommer kann man nämlich generell einen höheren Verschmutzungsgrad feststellen.

Aufgrund durchgeführter physikalischer und chemischer Fraktionsanalysen konnte die Wirksamkeiten verschiedener technischer Massnahmen festgestellt und daraus der Stand der Technik abgeleitet werden. Anlagen, die dem Stand der Technik entsprechen, können die angelieferten Abfälle in ökologisch sinnvolle sowie marktfähige mineralische Fraktionen auftrennen und dabei die Einhaltung der Grenzwerte der VVEA stets gewährleisten.

Insbesondere eine Abscheidung der feinen organischen Fraktion aus den mineralischen Anteilen in einem zweiten, nachgelagerten Schritt, ist für eine Anlage auf dem Stand der Technik von grosser Wichtigkeit. Ein funktionierendes Beispiel für eine nachgelagerte Massnahme mit hoher Wirksamkeit ist der Einbau eines sogenannten Bogensiebs, das den TOC₄₀₀-Gehalt im Feinschlamm und im Abwasser einfach und wirksam deutlich reduzieren kann.



Um einen einheitlichen Vollzug zu ermöglichen, wird eine Übersicht der gesetzeskonformen Verwertungs- und Behandlungsmöglichkeiten für die Outputfraktionen gegeben.

3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Das Vollzugshilfemodul der VVEA "Allgemeine Bestimmungen" zur VVEA enthält im Anhang die Detailausführungen zu konkreten Stand-der-Technik-Ermittlungen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen und Bestimmungen, welche auch für das vorliegende Dokument ihre Anwendung finden. Dieses Dokument soll als Grundlage für die zukünftige Erstellung des Standes der Technik dienen.

In Artikel 1 Buchstabe c VVEA¹ sind allgemeine Bestimmungen aus dem Umweltschutzgesetz (USG) umgesetzt, indem eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Rohstoffe durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen gefördert werden soll. Weiters legt Artikel 12 VVEA zur allgemeinen Verwertungspflicht nach dem Stand der Technik fest, dass Abfälle stofflich oder energetisch zu verwerten sind, wenn eine Verwertung die Umwelt weniger belastet als eine andere Entsorgung, die Herstellung neuer Produkte oder die Beschaffung anderer Brennstoffe. Es ist festgelegt, dass die Verwertung nach dem Stand der Technik erfolgen muss.

Mit Bezug zum vorliegenden Thema sind auch die Bestimmungen für die Verwertung von Abfällen bei der Herstellung von Zement und Beton (Art. 24 Abs. 1 VVEA) von Relevanz: Abfälle dürfen als Rohmaterial, als Rohmehlkorrekturstoffe, als Brennstoffe oder als Zuschlag- oder Zuschlagstoffe bei der Herstellung von Zement und Beton verwendet werden, wenn sie die Anforderungen nach Anhang 4 der VVEA erfüllen.

Weiter soll an dieser Stelle auf Artikel 9 VVEA "Vermischungsverbot" hingewiesen werden: Abfälle dürfen nicht mit anderen Abfällen oder mit Zuschlagstoffen vermischt werden, wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoff- oder Fremdstoffgehalt der Abfälle durch Verdünnen herabzusetzen und dadurch Vorschriften über die Abgabe, die Verwertung oder die Ablagerung einzuhalten (siehe auch: Vollzugshilfemodul Allgemeine Bestimmungen, Kapitel 7).

Für dieses Dokument gilt, dass es eine einheitliche Vollzugspraxis fördern soll. Werden die hier enthaltenen Lösungen eingehalten, kann davon ausgegangen werden, dass das Bundesrecht rechtskonform vollzogen wird. Es sind auch andere Lösungen möglich, allerdings immer unter der Bedingung, dass sie rechtskonform sein müssen.

Die für die Behandlung von Strassensammlerschlämmen und Strassenwischgut relevanten Artikel aus der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600) sind im Folgenden aufgeführt:

¹ [SR 814.600 - Verordnung vom 4. Dezember 2015 übe... | Fedlex \(admin.ch\)](#)

Art. 22 Strassensammlerschlämme und -wischgut

¹ Aus Strassensammlerschlämmen und aus Strassenwischgut mit überwiegend mineralischer Zusammensetzung sind verwertbare Anteile wie Splitt, Sand und Kies abzutrennen und stofflich zu verwerten.

² Die restlichen Anteile von Strassenwischgut nach Absatz 1 sowie anderes Strassenwischgut, das Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung oder einen hohen biogenen Anteil enthält, müssen in geeigneten Anlagen thermisch behandelt werden.

Die aus den strassenbürtigen Abfällen erzeugten Grobfractionen Kies, Splitt oder Sand können gemäss Anhang 4 VVEA als Rohmaterial für die Herstellung von Zement und Beton verwertet werden. Weitere abfallrechtliche Grundlagen mit Bezug zum Thema Strassenschlämme und -wischgut, aber ohne direkte Relevanz für den vorliegend erhobenen Stand der Technik nach VVEA (Vollzug, Abfalltransport), sind:

Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG, SR 814.01) [2]

- Für das Thema der Behandlung von Schlämmen aus Strassenschächten und Strassenwischgut im Detail relevant sind die Bestimmungen, welche die Verwertung betreffen. Artikel 30d Absatz 1 des ²⁰⁰⁸ gibt dazu die Vorgabe, dass Abfälle der Wiederverwendung zugeführt oder stofflich verwertet werden müssen, wenn dies technisch möglich und wirtschaftlich tragbar ist und die Umwelt weniger belastet als eine andere Entsorgung oder die Herstellung neuer Produkte. Absatz 3 im selben Artikel beschreibt die Präferenz der stofflichen Verwertung.

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) [3]

- Die VeVA regelt insbesondere den Verkehr mit Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen in der Schweiz sowie den grenzüberschreitenden Verkehr mit Abfällen.
- Transporte von Strassensammlerschlämmen sind begleitscheinpflichtig.
- Verwendung des gleichen Begleitscheins für Transporte mit Strassensammlerschlämmen im Auftrag einer Gemeinde während 30 Tagen.

Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen (LVA, SR 814.610.1)

- Kapitel 20 Siedlungsabfälle und siedlungsabfallähnliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen), einschliesslich getrennt gesammelte Fraktionen
- Kapitel 19 Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch und Wasser für industrielle Zwecke.³

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20) [4]

- Abgeltungen an die Erstellung und Beschaffung von Anlagen und Einrichtungen zur Entsorgung von Sonderabfällen von gesamtschweizerischem Interesse

² Vorlage der Redaktionskommission für die Schlussabstimmung (parlament.ch)

³ 19 02 Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschliesslich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation); 19 02 05 Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten: Dieser Abfall liegt häufig zusammen mit Strassensammlerschlämmen vor.



- Bewilligte Einleitung von Industrieabwasser in die öffentliche Kanalisation oder in Gewässer nach Anhang 3.2.

4 BEHANDLUNGSZIEL

Aus Strassensammlerschlämmen und Strassenwischgut mit überwiegend mineralischer Zusammensetzung sind verwertbare Anteile wie Splitt, Sand und Kies abzutrennen und stofflich zu verwerten. Die restlichen Anteile von Strassenwischgut (Art. 22 Abs. 1 VVEA) sowie anderes Strassenwischgut, das Siedlungsabfälle oder Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung oder einen hohen biogenen Anteil enthält, müssen in geeigneten Anlagen thermisch behandelt werden (Art. 22 VVEA). Das Ziel dieser Bestimmung ist es, eine möglichst hohe Verwertungsqualität der einzelnen Output-Fractionen von strassenbürtigen Abfällen zu erreichen. Die Behandlung kann grundsätzlich direkt auf stationären Anlagen (Gemischtverarbeitung) oder mittels mobiler Aufbereitung in Saugwagen (nur Strassensammlerschlämme) erfolgen, wobei der feste Anteil nach der mobilen Aufbereitung ebenfalls auf einer stationären Anlage behandelt wird.

4.1 Verarbeitung auf stationären Anlagen

Ziel der Aufbereitung von Strassensammlerschlämmen und -wischgut ist es, die Vorgaben der VVEA durch die Behandlung auf Anlagen mit nassmechanisch-physikalischer Separationstechnologie nach dem Stand der Technik einzuhalten und zumindest den anorganischen Anteil wie Splitt, Sand und Kies so weit zu behandeln, dass dieser stofflich verwertet werden kann. Eine Aufbereitung kann entweder Monofractionen von Wischgut oder Strassensammlerschlämmen oder eine Mischfraction umfassen. Bei der Aufbereitung auf stationären Anlagen wird das Ziel verfolgt, Schadstoffe aus den mineralischen Fractionen auszuschleusen. Schadstoffe reichern sich in den Feinfractionen wie Feinschlamm oder auch in der organischen Fraction an und können dadurch abgetrennt werden. Der Feinschlamm soll anschliessend zur stofflichen Verwertung in Zementwerke gehen. Die belastete organische Fraction soll in Kehrrichtverbrennungsanlagen oder Anlagen zur Energieerzeugung thermisch verwertet werden.

4.2 Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen

Bei modernen Saugwagen mit integrierter Aufbereitung werden die Inhalte von Hof- und Strassensammlerschächten abgesaugt und grobe Anteile wie Kies und Splitt direkt abgetrennt. Um einer stofflichen Verwertung zugeführt werden zu können, werden die festen Fractionen anschliessend noch auf einer stationären Aufbereitungsanlage behandelt. Die im mobilen Aufbereitungsprozess entstehenden Feinstpartikel (Feinschlamm) werden abfiltriert und das von Schadstoffen gereinigte Abwasser in die öffentliche Kanalisation geleitet.



5 SYSTEMGRENZEN

Die vorliegende Publikation beschreibt die Behandlung von Strassensammlerschlämmen und -wischgut. Diese Abfälle sind gemäss VeVA mit den LVA-Codes 20 03 03 (Strassenwischgut) und 20 03 06 (Strassensammlerschlämme) klassiert, wobei Strassensammlerschlämme als Sonderabfall gelten. Schlämme aus Mineralöl- und Fettabseidern (19 08 xy resp. 13 05 xy) sind nicht Teil des Betrachtungsperimeters und deren Mitbehandlung entspräche nicht dem Stand der Technik und verstiesse zusätzlich gegen das Vermischungsverbot (siehe Kap. 4.1.2). Hingegen können Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten (19 02 05) sowie diejenigen Schlämme aus der physikalische-chemischen Behandlung, die nicht unter 19 02 05 fallen (19 02 06), Teil der im vorliegenden Zusammenhang relevanten Abfälle sein, sofern sie aus der Behandlung von strassenbürtigen Abfällen stammen (z.B. geflockte Strassensammlerschlämme)

Die relevanten Prozessschritte finden einerseits bei den Saugwagen mit mobiler Aufbereitung sowie bei der Anlieferung und der Aufbereitung auf den stationären Strassenabfallbehandlungsanlagen statt. Insbesondere sind die Schritte ab der Entgegennahme der strassenbürtigen Abfällen auf dem Areal einer stationären Anlage bis zu den fertig aufbereiteten und zur Verwertung bereiten Fraktionen von Interesse. Die nachgelagerten Prozessschritte der Entsorgung der einzelnen Outputfraktionen (z.B. Strassenbauverfahren, thermische Verfahren) sind nicht Teil des Betrachtungsperimeters.

Die relevanten strassenbürtigen Abfälle werden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und typischen Schadstoffbelastungen charakterisiert sowie Anforderungen an Reinigungs- und Trennverfahren beschrieben.

**6.1 Inputfraktionen**

Die Behandlung folgender Abfälle gemäss LVA [6] werden im vorliegenden Dokument behandelt:

LVA-Code	Klassierung	Abfallbeschreibung
20 03 03	-	Strassenwischgut
20 03 06	S	Schlämme aus Strassenschächten (Strassensammlerschlämme)
19 02 05	S	Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten (z.B. geflockte Strassensammlerschlämme aus der mobilen Aufbereitung)

Tabelle 1: Relevante, umweltverträglich auf Strassenabfallbehandlungsanlagen nach dem Stand der Technik

Die beiden primären Abfallarten, die als strassenbürtige Abfälle zusammengefasst werden, sind in Anhang 3 Ziffer 20 LVA "Siedlungsabfälle und siedlungsähnliche Abfälle aus Industrie und Gewerbe, einschliesslich getrennt gesammelte Fraktionen" aufgeführt.

- Im Fall der als Sonderabfall (S) klassierten Strassensammlerschlämme handelt es sich um Nassmaterial, welches per Saugwagen aus den Strassenschächten gesaugt wird.
- Das "Nicht kontrollpflichtige" Strassenwischgut hingegen wird mit Strassenwischmaschinen zusammengekehrt (Tabelle 1).
- Dem Verfahrens-Input sind heute teilweise auch noch andere Abfälle beigemischt, da eine Trennung vor der Behandlung häufig nicht möglich oder wirtschaftlich nicht tragbar ist.

Im Folgenden werden die Abfälle hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Schadstoffe charakterisiert:

6.1.1 Strassenwischgut

Um grössere Fremdstoffe, Steine oder organische Bestandteile zu entfernen, wird das Strassenwischgut vor der Aufbereitung über einem Rechen gesiebt.

Die Schadstoffbelastungen des Strassenwischgut-Inputs unterscheiden sich in den verschiedenen Jahreszeiten deutlich. Gewisse Schadstoffe sind im Frühling in deutlich höherer Konzentration vorhanden als im Herbst.

Jahreszeitliche Unterschiede in den Schadstoffkonzentrationen, wie sie anlässlich der im Zug der Erarbeitung des vorliegenden Dokuments erfolgten Beprobungskampagne erhoben wurden, manifestieren sich wie folgt:

Im Herbst ist vergleichsweise viel Organik (Laub, Zweige, etc.) im Strassenwischgut vorhanden, was den brennbaren Anteil erhöht.

Gewisse Schadstoffe wie Nickel, Kupfer, Zink und Blei liegen typischerweise in jahreszeitlich sich unterscheidenden Konzentrationen vor; so bewegen sie sich im Sommer/Herbst in den meisten Fällen weit unter den Werten, wie sie im Frühling gemessen werden können. Auch Chrom ist im Herbst kaum, im Frühling und auch Sommer jedoch häufig in sehr hoher Konzentration vorhanden. Bei anderen Schadstoffen wie z.B. Cadmium, Arsen oder PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)



können keine saisonalen Unterschiede abgeleitet werden; hier ist die Herkunft (städtisch/ländlich) ausschlaggebend für die Schadstoffbelastung.

Strassenwischgut, das heute als nicht kontrollpflichtiger Abfall eingestuft wird, weist also insbesondere im Frühling und z.T. auch im Sommer ähnlich hohe Schadstoffbelastungen auf wie die als Sonderabfall eingestuften Strassensammlerschlämme..

6.1.2 Strassensammlerschlämme

Im Fall der als Sonderabfall klassierten Strassensammlerschlämme handelt es sich um Nassmaterial, welches per Saugwagen aus den Strassenschächten gesaugt wird.

Die Strassensammlerschlämme werden entweder bereits entwässert oder noch flüssig an die stationären Aufbereitungsanlagen geliefert. Die nicht entwässerten Fraktionen werden in der Aufbereitungsanlage entwässert. Durch eine physikalische Behandlung werden die festen Anteile der Inputfraktion anschliessend aufgetrennt und bei den mineralischen Anteilen eine weitestgehend stofflich verwertbare Fraktion erzeugt. Das Abwasser wird vorbehandelt.

6.1.3 Optimale Mischfraktion (Strassensammlerschlämme und -wischgut)

Gemäss Artikel 9 VVEA dürfen Abfälle nicht mit anderen Abfällen oder Zuschlagstoffen vermischt werden, wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoff- oder Fremdstoffgehalt der Abfälle herabzusetzen und dadurch Vorschriften über die Abgabe, die Verwertung oder die Ablagerung einzuhalten. Die Kernforderung des Vermischungsverbots nach Artikel 9 VVEA, wonach Sonderabfälle nicht mit anderen Abfällen vermischt werden dürfen, um dadurch unzulässigerweise Grenzwerte einzuhalten, trifft auf die aus anlagen-/prozesstechnischen Gründen vorzuziehende Gemischtverarbeitung der strassenbürtigen Abfälle nicht zu. Eine inputseitige Vermischung von Strassenwischgut mit Strassensammlerschlämmen ist jedoch mit Vorteilen verbunden, dient sie doch der besseren Aufbereitbarkeit. Einige stationäre Anlagen können weder rein flüssige noch rein trockene Abfälle behandeln (Verstopfung, ungenügende Separation), bzw. es stellt sich nicht der gewünschte Behandlungserfolg ein. Ferner kann die Anlieferung bereits entwässerter Schlämme von mobilen Saugwagen für gewisse Anlagen zum Problem werden, da infolge der Vermischung mit dem bereits trockenen Wischgut Flüssigkeit für eine optimale Aufbereitung fehlt. Die Vermischung der zwei Abfallsorten ist aus anlagentechnischen Gründen also oft notwendig.

Wo hingegen das Vermischungsverbot strikte einzuhalten ist, ist hinsichtlich einer unzulässigen Beimischung kohlenwasserstoffhaltiger Schlämme zu den strassenbürtigen Abfällen in ein- und demselben Aufbereitungsprozess, da dies in erster Linie dem Zweck dienen würde, die hohen organischen Schadstoffgehalte herabzusetzen, um die kohlenwasserstoffhaltigen Abfälle nicht nach Stand der Technik behandeln resp. entsorgen zu müssen.

6.2 Outputfraktionen

Die Fraktionen, welche aus der Aufbereitung resultieren, lassen sich je nach Anlage als verschiedene mineralische Grobfraktionen, Feinschlamm, Organik, allfällige Fremdstoffe (z.B. Kunststoff) und Eisenmetalle klassieren. Zusätzlich generiert jeder Aufbereitungsprozess auch Abwasser. Durch die Aufbereitung können gewisse Fraktionen wie z.B. Sand oder Splitt sowie Eisenmetalle stofflich verwertet



werden, während die verbleibenden Anteile in einer KVA resp. im Zementwerk stofflich respektive energetisch verwertet werden.

7 VERFAHRENSARTEN

7.1 Aufbereitung in stationären Anlagen

In der Schweiz angewendete Trennverfahren sind nassmechanisch-physikalischer Natur. Das nassmechanische Trennverfahren sieht nach der Aufgabe und allenfalls einer Bebrausung – Zugabe von Wasser - des Materials (gemischt oder als reines Strassenwischgut) im ersten Schritt eine grobe Trennung der organischen und mineralischen Anteile vor.

Im Anschluss erfolgt eine feinere Auftrennung von Organik und mineralischem Material. Mit der Abscheidung von feinerem organischem Material / Feinschlamm aus den Kies-/Sand-Fractionen kann eine Schadstoffreduktion im verwertbaren Kies/Sand-Gemisch erreicht werden. Weiter wird häufig auch eine Dichtentrennung der Materialien vorgenommen: Mit einem Sandwäscher kann beispielsweise die feine Organik aus dem Sand ausgewaschen werden; auch ein Wendelscheider kann anhand der auf dem Spiralboden der Schwerkraft nach unten laufenden Feststoffsuspension eine Trennung der in der Suspension enthaltenen Partikel nach Dichte gewährleisten. Schwere Partikel werden zur Achse des Wendelscheiders hin transportiert. Zwei verstellbare Trennwände am Ende der Wendel können Schwergut, Mittelgut und Leichtgut trennen.

Der organische Anteil wird entwässert, bevor er anschliessend thermisch verwertet wird.

Der Schritt der Abtrennung von Eisenmetallen geschieht üblicherweise zu Beginn des Prozesses mittels eines Überbandmagnets.

Für den Aufbereitungsprozess verwendetes Brauchwasser wird so lange wiederverwendet (im Kreislauf geführt), bis der Reinigungseffekt nicht mehr gewährleistet werden kann. Sofern möglich, wird eine interne Prozesswasseraufbereitung für die Kreislaufführung empfohlen. Sonst ist das Abwasser vor der Einleitung in die öffentliche Kanalisation entsprechend vorzubehandeln, so dass die Einleitbedingungen gemäss Anhang 3.2 GSchV eingehalten werden: Andernfalls ist das Abwasser gesetzeskonform als Sonderabfall [S] unter dem LVA-Code 16 10 01 "Wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten" zu entsorgen

7.2 Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen

In modernen Saugwagen wird mittels miniaturisierter nassmechanischer Prozesse eine Grob- und Feinfraktion (Feinschlamm) der Schlämme aus Strassenschächten erzeugt. Üblicherweise wird das anfallende Rückspülwasser anschliessend mit Flockungsmitteln behandelt oder das Flockungsmittel wird bereits vor der Auftrennung der Grobfraktion zugegeben. Die schlussendlich aufzubereitenden Schlämme werden im Fahrzeug entwässert, womit deutlich weniger Entsorgungsfahrten durchgeführt werden müssen.



8 RELEVANTE PROZESSSCHRITTE

Von oberster Priorität ist das Behandlungsergebnis am Ende einer Aufbereitung. Jedoch können verschiedene Verfahrenstechniken zu einem Ergebnis führen, welches eine Verwertung der Outputfraktionen ermöglicht und somit dem Stand der Technik entspricht. Im Folgenden werden verschiedene Vergleiche gemacht und Kombinationen von Verfahrensschritten erwähnt, die geeignet für eine Aufbereitung nach dem Stand der Technik sind.

8.1 Wirksame nassmechanisch-physikalische Separationstechnologien in stationären Anlagen

Das Material wird zu Beginn des Prozesses in einen Bunker geladen, von wo aus es in den Prozess gegeben wird, entweder als Misch- oder Monofraktion.

Um die erste grobe Auftrennung von organischem und mineralischem Material vorzunehmen, werden üblicherweise folgende Anlagenmodule verwendet (Liste nicht abschliessend):

- Schwertwäscher
- Turbowäscher
- Trommelwäscher

Mit diesen Anlagemodulen können die mineralischen Anteile gewaschen und von der Organik bzw. den Schlammbestandteilen befreit werden. Durch die Besprühung des Materials mit Wasser kann die Effizienz des Behandlungsschritts erhöht werden. Häufig verbleiben nach der ersten Trennung noch organische Feinanteile in den mineralischen Materialien.

Zur Abtrennung der feinen Organik-Anteile aus dem Sand werden bei diversen Anlagen folgende Anlagenmodule eingebaut (Liste nicht abschliessend):

- Feinere Siebmodule
- Sandwäscher
- Wendelscheider
- Schraubenklassierer

Mittels eines Wendelscheiders wird bei diversen Anlagen die Trennung von leichteren und schwereren Partikeln vorgenommen, schwere Partikel werden zur Achse der Wendel transportiert, leichtere werden von der Achse weg transportiert. Dadurch kann im mineralischen Output eine erhebliche Reduktion des TOC-Werts erreicht werden.

Auch andere technische Lösungen, wie z.B. ein Schraubenklassierer (z.T. auch Kreuzschneckenwäscher genannt), können eine signifikante Reduktion des TOC-Werts im mineralischen Output erreichen. Beim Schraubenklassierer schwimmt das organische Material auf dem Wasser auf, die Sand/Kies-Anteile sinken und werden über eine Kreuzschnecke ausgetragen. Die abgeschiedenen organischen Bestandteile werden danach zurück zur bereits mittels vorgängiger Verfahrensschritte entfernten Organikfraktion gebracht.

Die Organik bringt neben dem TOC-Gehalt jeweils auch einen hohen Gehalt an Kohlenwasserstoffen mit sich, der häufig nicht vollumfänglich entfernt werden kann. Der KW-Index ist im Feinschlamm neben



dem TOC-Gehalt ein Wert, der zu beachten ist und darüber mitentscheidet, ob das Material in die Zementindustrie gebracht werden kann.

Um die feinen organischen Anteile aus Prozesswasser und Feinschlamm auszuschleusen, werden verschiedene Techniken angewendet. Sie werden vor der Filterpresse eingesetzt. Unter anderem können folgende Module eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen:

- Bogensieb
- Trommelsieb
- Rütteltischsieb

Diese Anlagenmodule bedingen ein vergleichsweise geringes Investitionsvolumen und können problemlos in eine bestehende Anlage integriert werden. Die Wirksamkeit dieser technischen Lösung konnte im Rahmen von Beprobungskampagnen bestätigt werden.

Zu den Output-Fractionen werden in den Kapiteln 10.1.2 und 12.1 weitere Ausführungen gemacht.

Übliche Behandlungsschritte bei der Aufbereitung des Brauchwassers aus dem Prozess beinhalten eine Sedimentation durch Fällung / Flockung, danach eine Adsorptionsstufe (z.B. Aktivkohle oder Ionenaustauscher) und ggf. eine Neutralisation. Details zum Stand der Technik gibt z.B. die Norm DIN EN 12255-13 | 2003-04 vor [7].

In der nachfolgenden Grafik sind die beschriebenen Prozessschritte zusammengefasst.

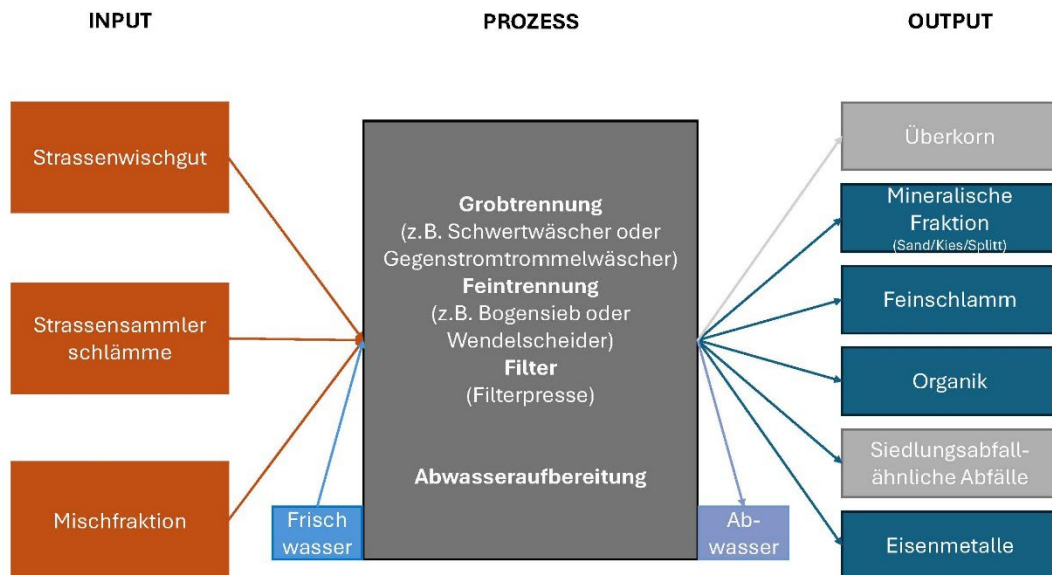


Abbildung 2: Relevante Verfahrensschritte bei der Aufbereitung strassenbürtiger Abfälle in einer stationären Anlage.

8.2 Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen

Bei den Saugwagen mit mobiler Aufbereitung, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, werden die abgesaugten Schlämme in eine Grob- und Feinfraktion (Feinschlämme) aufgetrennt; anschliessend wird das Rückspülwasser mit Flockungsmitteln behandelt resp. teilweise bereits vor der Abtrennung von der Grobfraktion. Der Feinschlamm wird abfiltriert. Nach der Abtrennung der nun ausgeflockten feinen Partikel ist das Abwasser weitestgehend von Schadstoffen befreit und somit klar, womit die Einleitbedingungen in die öffentliche Kanalisation gemäss Anhang 3.2 GSchV üblicherweise eingehalten werden können; zumindest aber jene gemäss Merkblatt "Saugfahrzeuge mit integrierter Abwasservorbehandlung" [8]. Durch die Möglichkeit, die Schlämme weitergehend aufzubereiten und zu entwässern, als mittels konventioneller Saugwagen, können auch Entsorgungsfahrten eingespart werden [9]. Die mineralische Grobfraktion wird anschliessend unter LVA-Code 20 03 06 [S] oder 19 02 05 [S] auf einer stationären Anlage behandelt.

Diese Technik bietet einen grossen Vorteil gegenüber konventionellen Saugwagen, die nur eine gravimetrische Trennung vornehmen und bei denen das Wasser im Tank mit der Zeit mit Schadstoffen angereichert wird, da es nach der Sedimentation nicht sauber von den schadstoffbelasteten Feinschlämmen getrennt werden kann. Die Einleitgrenzwerte nach Anhang 3.2 GSchV bzw. die erleichterten Einleitbedingungen können solcherart häufig nicht eingehalten werden.

9 GRUNDSÄTZE DES BEHANDLUNGSERFOLGS

9.1 Stationäre Anlagen

Aus ökologischer Sicht oberstes Gebot ist es, aus den für die Anlage zugelassenen Abfällen mittels nassmechanisch-physikalischer Trennverfahren möglichst viele Schadstoffe im Feinschlamm aufzukonzentrieren und entweder diese Fraktion verwerten (z.B. für die Zementindustrie gemäss Anhang 4 Ziffer 1 VVEA, favorisierte Option nach Stand der Technik) oder ansonsten aus dem Stoffkreislauf auszuscheiden (gesetzeskonforme Ablagerung auf Deponie unter Einhaltung der relevanten Grenzwerte nach Anhang 5 VVEA, nicht favorisierte Option).

Durch eine unvollständige Auftrennung von mineralischem und organischem Material geht viel Sand und Kies-Material in der thermisch verwerteten Organikfraktion verloren; zudem entsteht dadurch Schlacke beim Verbrennungsprozess. Auch vor diesem Hintergrund ist eine vollständige Trennung mineralischer Anteile von organischen relevant. Die mineralischen Anteile sind allenfalls zu fraktionieren, damit eine möglichst hohe Recyclingquote erreicht werden kann. Je nach Verwendungszweck des mineralischen Anteils resp. seiner Nachfrage auf dem Markt ist eine unterschiedliche Auftrennung nach Korngrössen notwendig.

Um den Behandlungserfolg nachzuweisen, ist bei allen Anlagen sowohl im Früh- als auch im Spätjahr je eine Beprobung und Analyse der relevanten Fraktionen notwendig. Weitere Ausführungen dazu finden sich im Kapitel 12.

Für die Einleitung des aus dem nicht mehr weiter verwendbaren Prozesswasser resultierenden Abwassers in die öffentliche Kanalisation stellt sich Behandlungserfolg dann ein, wenn nach dessen Vorbehandlung die Vorgaben gemäss Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung eingehalten werden.

9.2 Mobile Aufbereitung mittels Saugwagen

Die Behandlung hat nach den Vorgaben des interkantonalen Merkblatts "Saugfahrzeuge mit integrierter Abwasservorbehandlung" [8] zu erfolgen, dieses gibt vor, welche relevanten Schadstoffgrenzwerte einzuhalten und dementsprechend zu überprüfen sind. Eine erfolgreiche und genügende Behandlung ist dann erreicht, wenn Schadstoffe mittels der beschriebenen Fällungs-/ Flockungstechniken so gut aus dem Prozesswasser entfernt werden, dass die Einleitgrenzwerte für die öffentliche Kanalisation und für Gewässer gemäss Anhang 3.2 GSchV resp. die erleichterten Einleitbedingungen⁴ eingehalten werden können. Hält das Abwasser die geltenden Vorgaben nach GSchV nicht ein, so darf das Wasser nicht in den Schacht gepumpt werden.

Die Praxis ist regelmässig mittels repräsentativer Analysen des zurückzuleitenden Abwassers zu überprüfen.

Das entwässerte Material ist stets auf eine stationäre Anlage zu bringen, um es dort weiter aufzubereiten.

10 VERFAHRENSINDIKATOREN

Die folgenden Verfahrensindikatoren sind in regelmässigen Abständen zu überprüfen und ggf. anzupassen.

- Schadstoffbelastung der zu verwertenden Fraktionen (Analytik)
- Stoffliche Verwertungsquote (optional)
- Minimale Fraktionsanzahl
- Entfernung von Fremdstoffen (z.B. Eisen, Plastik)
- Schadstoffbelastung des in die Kanalisation einzuleitenden Abwassers.

10.1 Erläuterungen zu den Verfahrensindikatoren

10.1.1 Schadstoffbelastung der zu verwertenden Fraktionen

Die Schadstoffbelastung in den Outputfraktionen ist der wichtigste Messwert, ob eine Anlage dem Stand der Technik entspricht, oder ob anlagentechnische Verbesserungen vorgenommen werden müssen. Mittels Schadstoffanalysen in den verschiedenen Fraktionen kann eine Aussage darüber gemacht werden, welche Anpassung im Verfahren notwendig ist, um eine möglichst hohe Verwertung zu erreichen. Sind die TOC-Werte im mineralischen Anteil zu hoch, so kann davon ausgegangen werden, dass die Auswaschung und Trennung des feinen organischen Materials zu verbessern ist.

Neben der reinen technischen Komponente können bei der Schadstoffbelastung noch weitere Faktoren eine Rolle spielen. Je nach Herkunft (städtisch / ländlich oder von einem Industriegelände kommend) oder Jahreszeit werden teilweise unterschiedlich stark belastete Strassensammlerschlämme und Wischgut angeliefert, was die Schadstoffanalysen auch bei einer guten Fraktionierungsqualität beeinflussen kann. Ist der Input im Sommer oder Herbst "naturgemäss" nur wenig belastet, so werden auch

⁴ Vorgaben und Grenzwerte werden durch das Merkblatt "Saugfahrzeuge mit integrierter Abwasservorbehandlung" definiert.



die Outputs keine problematische Schadstoffbelastung aufweisen. Einer saisonal bedingten höheren schadstoffchemischen Kontamination des Inputs hingegen kann mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Anlage mit effizienten Abscheide- und Ausschleusschritten üblicherweise begegnet werden.

10.1.2 Stoffliche Verwertungsquote (optional)

Die stoffliche Verwertungsquote zeigt auf, welcher Anteil der Outputfraktionen in Bezug auf den Input auf eine sinnvolle, dem Stand der Technik entsprechende Weise stofflich verwertet werden kann (keine thermische Behandlung). Da es gemäss Artikel 22 VVEA oberste Priorität hat, 1.) eine Auftrennung von Organik und Mineralik zu erreichen und 2.) die mineralischen Anteile stofflich zu verwerten sowie die organischen Anteile thermisch zu behandeln, wäre dieser Verfahrensindikator als bedeutend einzustufen. Aufgrund der nur schwer quantifizierbaren Wasseranteile im Input (Frischwasserzugabe + Materialfeuchtigkeit) taugt dieser Indikator im Sinne einer allgemeingültigen Quote in der Praxis jedoch kaum.

Es obliegt den zuständigen Vollzugsbehörden, gegebenenfalls bei den Betrieben eine Massenbilanzeinschätzung einzufordern und darauf basierend eine anlagenspezifische Verwertungsquote zu definieren.

10.1.3 Minimale Fraktionsanzahl

Ein weiterer Indikator zur Eruierung des Standes der Technik eines Verfahrens ist die Erreichung einer minimalen Anzahl vor Ort produzierter, sich punkto Zusammensetzung / Korngrössenverteilung / Schadstoffgehalte klar unterscheidbarer Fraktionen (siehe Kapitel 12 Tabelle 2). Mit einem zweckdienlichen Fraktionierungsverfahren kann eine weitreichende Verwertung der mineralischen Anteile infolge tiefer Schadstoffbelastungen erreicht werden. Um dem Stand der Technik zu entsprechen, hat ein Verfahren mindestens 4 verschiedene Outputfraktionen zu generieren. Es ist also essenziell, dass organische Anteile und Fremdstoffe wie Plastik, Eisenmetalle etc. effizient ausgeschleust resp. in separaten Fraktionen abgetrennt werden, dies geschieht mittels Dichtentrennverfahren und Überbandmagnete. Um eine Verwertbarkeit der mineralischen Fraktion zu erreichen, ist das sogenannte mineralische Überkorn unter Umständen aus dem Strom abzutrennen, falls dieses der Erreichung der vom Absatzmarkt definierten resp. in technischen Normen geforderten Korngrössenverteilungen entgegensteht. Für optimierte Verwertungswege ist eine Subfraktionierung der ausgetragenen mineralischen Fraktion zielführend (Sand sowie Kies oder Splitt). Die Einhaltung des Stands der Technik ist jedoch grundsätzlich auch ohne diese zusätzlichen Auftrennungsschritte bei den mineralischen Anteilen möglich. Die relevanten Fraktionen für die Erreichung des Stands der Technik sind in Kapitel 12, Tabelle 5 aufgeführt.

Im Falle der mobilen Aufbereitung ist der Indikator nicht zielführend.

10.1.4 Entfernung von Fremdstoffen

Fremdstoffe wie z.B. PET-Flaschen oder Eisenmetalle sind früh im Aufbereitungsprozess mittels Dichtentrennverfahren und Überbandmagnete zu separieren, bevor sie in die zu verwertenden Outputfraktionen gelangen.

10.1.5 Schadstoffbelastung des Abwassers

Die Messung der Schadstoffbelastung im Abwasser ermöglicht eine Beurteilung der Effizienz der Vorbehandlung. Für die Einleitung in die Kanalisation müssen die geltenden Grenzwerte nach Anhang 3.2 GSchV eingehalten werden. Bei mobilen Saugwagen sind die erleichterten Grenzwerte einzuhalten [8].



11 STAND DER TECHNIK UND WIRTSCHAFTLICHE TRAGBARKEIT

Die Gewährleistung und Aufrechterhaltung des Stands der Technik einer Anlage bedingt Massnahmen, die für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb wirtschaftlich tragbar sind (Art. 3 Bst. m Ziff. 2 VVEA). Wirtschaftlich tragbar ist eine Massnahme, wenn sie dazu beiträgt, den angestrebten Zweck einer Anlage zu erreichen, keine weniger einschneidende Massnahme zur Zielerreichung ausreicht und sie ein vernünftiges Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweist.

11.1 Bedeutung des Begriffs des Standes der Technik

Eine Anlage entspricht dem Stand der Technik, wenn durch die Behandlung die Schadstoffe in den Outputfraktionen so entfernt werden können, dass letztere die Grenzwerte für eine stoffliche resp. thermische Verwertung gemäss VVEA einhalten. Die minimale Anzahl von vier Outputfraktionen ist ein weiterer Indikator zur Beurteilung einer Anlage nach Stand der Technik wie auch die Einleitbarkeit des Abwassers.

11.2 Wirtschaftliche Tragbarkeit

Der in der VVEA verwendete Begriff der wirtschaftlichen Tragbarkeit wird in der Gesetzgebung und auch Judikatur ohne scharfe Abgrenzung zu den Begriffen des Vorsorgeprinzips und der Verhältnismässigkeit verwendet. Die beiden letztgenannten Prinzipien sind Bestandteil der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV, SR 101).

Eine Handlung oder Massnahme ist verhältnismässig, wenn sie:

- a. dafür geeignet ist, den angestrebten Zweck zu erreichen
- b. notwendig ist und keine weniger einschneidende Massnahme zur Zielerreichung ausreicht
- c. ein vernünftiges Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweist.

Eine wirtschaftlich tragbare Lösung ist jeweils die im Kosten/Nutzen-Verhältnis optimale, sprich die günstigste Anpassung, die zur Erreichung der Grenzwerte führt.

Der Einbau eines Bogensiebs oder Trommelsiebs ist z. B. mit verhältnismässig geringem finanziellem Aufwand möglich (für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb tragbar). Es trägt zu einer massgeblich höheren Abscheidung organischer Anteile aus dem mineralischen Material bei und führt dazu, dass die Grenzwerte v.a. beim Feinschlamm hinsichtlich einer stofflichen Verwertung im Zementwerk sowie der mineralischen Fraktionen hinsichtlich ihrer stofflichen Verwertung besser eingehalten werden können. So können letztere an regionale Bauunternehmen oder in die Beton- und Zementindustrie geliefert und müssen nicht deponiert werden.

Heutzutage werden immer noch Teile der anfallenden strassenbürtigen Abfälle, insbesondere Strassenwischgut, direkt in KVAs gebracht oder anderweitig thermisch verwertet. Die Argumentation für diesen Weg zielt dabei auf die Preisdifferenz zwischen der Anlieferung in einer Strassenabfallbehandlungsanlage im Vergleich zur Kehrichtverbrennungsanlage. Hierbei gilt es anzumerken, dass die Kosten für die Aufbereitung zwar höher sind als im Fall der Verbrennung, gemäss Vorgaben nach Artikel 3 Buchstabe m Ziffer 2 VVEA jedoch klar in Kauf zu nehmen sind.

Eine Ausnahme kann im Herbst gemacht werden, wenn das Strassenwischgut zu einem Grossteil aus Laub besteht und wenig mineralische Anteile beinhaltet. In diesem Fall kann eine



Strassenabfallbehandlungsanlage kaum einen Mehrwert generieren, da nur geringe Anteile an mineralischen Fraktionen vorhanden sind, welche von der Organik abgetrennt werden können. vorhanden sind, welche von der Organik abgetrennt werden können. Somit ist es auch wirtschaftlich nicht sinnvoll, das Material in eine Strassenabfallaufbereitungsanlage zu bringen. Das Strassenwischgut darf zur Zeit des Laubfalls direkt in eine KVA geliefert werden, womit sowohl Kosten als auch Verarbeitungskapazitäten eingespart werden können.

Wie in Kapitel 6 angeführt, werden zu Strassensammlerschlämmen teilweise noch andere Abfälle beigemischt. Diese müssen für eine Mitverarbeitung auf der identischen Strassenabfallbehandlungsanlage zweckdienlich und zugelassen sein (z.B. LVA-Code 19 02 05 Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten (aus der Abfallbehandlung)). Weitere Abfallsorten wie Bohrschlämme sowie fett- und kohlenwasserstoffhaltige Abfälle sind für eine Mitverarbeitung nicht zweckdienlich resp. nicht umweltverträglich, da sie die Qualität der zu verwertenden Anteile unnötig verschlechtern. Sollte in Einzelfällen eine Vermischung notwendig sein oder bereits vor der Anlieferung geschehen, so ist dies mit der zuständigen kantonalen Behörde abzusprechen.

12 HINWEISE FÜR DEN VOLLZUG

12.1 Verwertung der Outputfraktionen aus stationären Anlagen

12.1.1 Verwertungswege für mineralische Outputfraktionen

Für die Entsorgung der Outputfraktionen, stehen folgende Verwertungs- (oder allfällige Ablagerungs-) optionen zur Verfügung. Die Verwertungsmöglichkeiten aus der Vollzugshilfe "Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien" [10] sind zu berücksichtigen (siehe auch Anhang 1).

Output	Entsorgung nach VVEA
Mineralische Fraktionen (Kies / Splitt / Sand)	Verwertung als RC-Material.
Überkorn >16/20 mm	Ablagerung auf einer Deponie (gemäss Anhängen 3 und 5 VVEA)
Feinschlamm	Verwertung als RC-Material.
Brennbare Anteile (Laub, Plastik, Gummi etc.)	Thermische Verwertung nach Artikel 10 VVEA
Eisenmetalle	Verwertung in der Eisen- und Stahlindustrie nach Artikel 12 VVEA

Tabelle 2: Entsorgung der Outputfraktionen

Insgesamt hat eine Anlage nach dem Stand der Technik mindestens vier Outputfraktionen zu generieren; die Fraktionen haben den Aufteilungen nach Tabelle 2 zu entsprechen. Das Überkorn (hellgrau eingefärbt) gehört nicht zu den zwingend aufzuweisenden Fraktionen. Eine zusätzliche Aufteilung der mineralischen Fraktion ist je nach Verwertungsmöglichkeiten notwendig.



Output	Möglichkeiten Einleitung nach GSchV
Abwasser	Öffentliche Kanalisation oder Gewässer – Grenzwerte nach Anhang 3.2 GSchV sind einzuhalten.

Tabelle 3: Einleitmöglichkeiten für Abwasser der stationären Anlagen

Zusätzlich zu den festen Fraktionen hat eine Aufbereitungsanlage auch immer einen Prozesswasserfluss; das Abwasser muss in regelmässigen Abständen ebenfalls aus dem Prozess ausgeschleust werden. Die Behandlung des Abwassers muss im Falle einer Einleitung in ein Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation die Einhaltung der Einleitbedingungen gemäss Anhang 3.2 GSchV gewährleisten können (siehe Tabelle 4). Ansonsten ist das Abwasser als Sonderabfall [S] unter dem Code 16 10 01 "Wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten" zu entsorgen. Sollte es möglich sein eine Prozesswasseraufbereitung für die Kreislaufführung zu verwenden, so ist dieser Weg der Einleitung in Gewässer oder Kanalisation vorzuziehen.

12.1.2 Repräsentative Probenahme und Schadstoffanalysen

Bei allen stationären Anlagen ist gemäss der nachfolgenden Tabelle ein Proberegime anzuwenden. Proben der relevanten Fraktionen sind in repräsentativer Weise zu nehmen und bezüglich der Gehalte an Schadstoffen gemäss Tabelle 4 zu analysieren (Modul Probenahme fester Abfälle [11]). Die Analyseergebnisse sind in angemessenem Intervall der zuständigen kantonalen Fachstelle zur Kontrolle zuzustellen. Das Intervall für die Analysen der verschiedenen Fraktionen ist durch die kantonale Fachstelle in der Betriebsbewilligung festzulegen. Dort sind durch diese auch die Parameter mit ihren jeweiligen Grenzwerten aufzulisten. In minimaler Frequenz ist pro Fraktion je eine Mischprobe im Früh- und eine im Späthjahr analysieren zu lassen. Die Analyseergebnisse sind der kantonalen Fachstelle zuzustellen.

Fraktion	Zu analysierende Schadstoffe	Minimale Häufigkeit
Feinschlamm	TOC ₄₀₀ , Schwermetalle (Pb, Cu, Zn), KW C ₁₀ –C ₄₀ , PAK, Benzo[a]pyren	Je eine Mischprobe im Frühjahr und im Herbst (resp. in Abhängigkeit der Herkunft, gemäss behördlicher Anordnung).
Kies-Splitt-Sand-Fraktion*	TOC ₄₀₀ , Schwermetalle (Pb, Cu, Zn), KW C ₁₀ –C ₄₀ , PAK, Benzo[a]pyren	
Organische Fraktion (inkl. Plastik, Gummi etc.)	Keine Analyse nötig; kann bedarfsweise von der KVA angefordert werden. Grenzwerte sind durch regionale Betreiber gegeben z.B. durch ZAV Logistik AG [12].	
Abwasser	Schwermetalle (Pb, Cu, Zn), gesamte Kohlenwasserstoffe, pH-Wert	

Tabelle 4: Zu analysierende Schadstoffe in den Outputfraktionen



*Sollte aus Gründen der Verwertbarkeit bei der Kies-Splitt-Sand-Fraktion eine zusätzliche Auftrennung notwendig sein, so ist jede einzelne zu verwertende Fraktion zu analysieren.

12.1.3 Folgerungen für die Bewilligungspraxis

Eine abfallrechtliche Bewilligung kann dann erteilt werden, wenn die Anlage für die Behandlung von Strassensammlerschlämmen und -wischgut auf die Verarbeitung dieser Art von Abfällen ausgerichtet ist und dem Stand der Technik entspricht. Die geltenden Grenzwerte sind entsprechend dem Entsorgungsweg einzuhalten. Das Ziel der grösstmöglichen Verwertung darf nicht zu Lasten der für die Verwertung erforderlichen Schadstoffgrenzwerte gehen.

Anlagentechnische Anpassungen zur Erreichung oder Aufrechterhaltung des Stands der Technik sind durchzuführen, soweit sie wirtschaftlich für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb tragbar sind. Um dem Stand der Technik zu entsprechen, ist eine regelmässige Prüfung und allenfalls Anpassung der Anlage gemäss Artikel 26 VVEA vorzunehmen. Der Behandlungserfolg nach erfolgter Anpassung des Aufbereitungsprozesses ist durch chemische Analysen zu belegen.

12.1.4 Betriebsreglement

Gemäss Artikel 27 Absatz 2 VVEA ist für Abfallanlagen, in denen jährlich mehr als 100 t Abfälle entsorgt werden, ein Betriebsreglement zu erstellen. Damit sind insbesondere die Anforderungen an den Betrieb, die in Artikel 27 Absatz 1 VVEA aufgelistet sind, zu konkretisieren. Dieses Dokument ist der zuständigen Behörde zur Stellungnahme zu unterbreiten. Es dient dieser zur Beurteilung der vorhandenen Betriebsabläufe und kann für die Erneuerung der Betriebsbewilligung resp. abfallrechtlichen Bewilligung herbeigezogen werden.

12.2 Einleitung des Abwassers aus Saugwagen

Die gewässerschutzrechtliche Bewilligung darf nur Betreibern von Fahrzeugen erteilt werden, die nach Stand der Technik eine konstante Einhaltung der erleichterten Grenzwerte gewährleisten können [8].

Parameter	Grenzwerte für Einleitung in öffentliche Kanalisation	Grenzwerte für Einleitung in Gewässer
pH	6,5 - 9	6,5 - 9
Durchsichtigkeit nach Snellen	-	7 cm
Gesamte ungelöste Stoffe (GUS)	-	60 mg/l
Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	-	40 mg/l
Gesamte Kohlenwasserstoffe	20 mg/l	10 mg/l
Blei gesamt (Pb)	0,5 mg/l	0,5 mg/l
Kupfer gesamt (Cu)	1 mg/l	0,5 mg/l
Zink (gesamt) (Zn)	2 mg/l	2 mg/l

Tabelle 5: Einzuhaltende Grenzwerte für die Einleitung in die öffentliche Kanalisation und in Gewässer (Zusammenstellung relevanter Parameter nach Anhang 3.2 GSchV im interkantonalen Merkblatt "Saugwagenfahrzeuge mit integrierter Abwasservorbehandlung" [8])



GLOSSAR

AltIV	Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung) SR 814.680 - Verordnung vom 26. August 1998 über... Fedlex (admin.ch)
BAFU	Bundesamt für Umwelt, gehört zum Departement UVEK.
Behandlungserfolg	Behandlungserfolg ist bei Strassensammlerschlämmen und -wischgut dann gegeben, wenn die mineralische(n) Fraktion(en) verfahrenstechnisch so konditioniert werden, dass sie als Sekundärbaustoffe eingesetzt werden können.
Betrachtungssperimeter	Der Betrachtungssperimeter ist der Bereich, der für die Beurteilung des Standes der Technik relevant ist und in diesem Dokument betrachtet wird («Systemgrenzen»).
GSchV	Gewässerschutzverordnung SR 814.201 - Gewässerschutzverordnung vom 28. Ok... Fedlex (admin.ch)
KVA	Kehrichtverwertungsanlagen
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Σ 16 EPA-PAK: Naphthalin, Acenaphthylen, 1,2-Dihydroacenaphthylen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylene, Indeno[1,2,3-c,d]pyren
Recyclingquote / Verwertungsquote	Die Recyclingquote zeigt auf, welcher Anteil der Outputfraktionen in Bezug auf den Input auf eine sinnvolle, dem Stand der Technik entsprechende Weise stofflich verwertet werden kann. Die Verwertungsquote im Gegensatz dazu berücksichtigt sämtliche Verwertungsarten, ob stofflich oder thermisch.
Schadstoff	In der Umwelt vorhandene Stoffe oder Stoffgemische, die schädlich für Menschen, Tiere, Pflanzen oder andere Organismen sowie ganze Ökosysteme sein können.
Schwermetall	Schwermetalle sind Metalle, die eine hohe Dichte oder Atommasse haben. Eine genaue Grenze, ab wann ein Metall als Schwermetall gilt, gibt es nicht. Zu den Schwermetallen gehören u.a. Kupfer (Cu), Blei (Pb) und Zink (Zn).
TOC	Total organic carbon – gesamter organischer Kohlenstoff Der TOC ist ein Mass für die Menge an organischer Substanz in einer Probe.
TOC400	Entspricht dem organischen Kohlenstoff, der bis 400°C freigesetzt wird.
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz) SR 814.01 - Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 übe... Fedlex (admin.ch)



VeVA

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen

SR 814.610 - Verordnung vom 22. Juni 2005 über d... | Fedlex (ad-min.ch)

VVEA

Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung)

SR 814.600 - Verordnung vom 4. Dezember 2015 übe... | Fedlex (ad-min.ch)

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Schweizerischer Bundesrat, *Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)*, Bern, 4. Dezember 2015 (Stand 1. April 2020).
- [2] Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, *Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG)*, 07. Okt. 1983.
- [3] Schweizerischer Bundesrat, *Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)*, Bern, 22. Juni 2005 (Stand 1. Januar 2020).
- [4] Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, *Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG)*, Bern, 1991 (Stand 2023).
- [5] Schweizerische Bundesrat, *Gewässerschutzverordnung (GSchV)*, Bern, 1998 (Stand 2023).
- [6] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), *Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen*, Bern, 18. Oktober 2005 (Stand 1. Januar 2018).
- [7] Deutsches Institut für Normung e. V. , *DIN EN 12255-13:2003-04 - Chemische Behandlung; Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung*, 2003.
- [8] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), *Interkanonales Merkblatt - Saugfahrzeuge mit integrierter Abwasservorbehandlung*, 2019.
- [9] S. Höger, *Belasteten Schlamm effizient aus Strassenschächten absaugen*, Zürich, 2011.
- [10] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Umwelt-Vollzug: Verwertung mineralischer Rückbaumaterialien*, Bern, 2023.
- [11] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Umwelt-Vollzug: Probenahme fester Abfälle*, Bern, 2019.
- [12] ZAV Logistik AG (Forum Zürcher Abfallverwertung), „Anlieferung von Abfällen und Sonderabfällen in Kehr- und Verwertungsanlagen (KVA)“, ZAV Logistik AG, Uster, 2024.
- [13] Bundesamt für Umwelt BAFU , *Umwelt-Vollzug: Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial*, Bern, 2021.
- [14] Bundesamt für Umwelt BAFU, *Vollzugshilfe über den Verkehr mit Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen (Online)*, Bern, 01.10.2019.



Anhang 1

Musterdokumentation für den Nachweis des Behandlungserfolgs bei stationären Anlagen

Die nachfolgende Checkliste dient den Kantonen dazu, die Einhaltung der Grenzwerte bei den stationären Strassenabfallbehandlungsanlagen zu kontrollieren und auf dieser Basis deren Bewilligung zu erteilen. Mit dieser Checkliste können die gemessenen Konzentrationen in der zweiten Spalte eingegeben und mit den Grenzwerten verglichen werden. Grundlage für den Behandlungserfolg ist das Vorhandensein von mind. vier Output-Feststofffraktionen (vgl. Tabelle 2).

Die Checkliste liegt als Excel-Tabelle mit bedingter Formatierung vor (s. Tabelle 6) (Download unter [Abfall: Fachinformationen \(admin.ch\)](#))



	Betrieb xy	Grenzwerte							
	Gemessene Konzentration	VVEA Anh. 3 Ziff. 1	VVEA Anh. 3 Ziff. 2	VVEA Anh. 4 Ziff. 1.1	VVEA Anh. 5 Ziff. 2.3 (Verbleibende Entsorgungsoption, falls Behandlungserfolg ausbleibt)	VVEA Anh. 5 Ziff. 5.2 (Verbleibende Entsorgungsoption, falls Behandlungserfolg ausbleibt)	GSchV Anh. 3.2 Kanalisation	GSchV Anh. 3.2 öffentl. Gewässer	Exemplarische Annahmegrenzwerte KVA (im Beispiel gemäss ZAV Anlieferung von Abfällen und Sonderabfällen in KVA, Tabelle 6)
mineral. Fraktion									
Pb mg/kg TS	40	50	250		500				
Cu mg/kg TS	41	40	250		500				
Zn mg/kg TS	35	150	500		1000				
KW C10-C40 mg/kg TS	450	50	250		500				
PAK mg/kg TS	10	3	12.5		25				
Benzo[a]pyren mg/kg TS	1	0.3	1.5		3				
TOC mg/kg TS									
TOC400 mg/kg TS	10005		10000		20000				
weiterer Parameter									
weiterer Parameter									
Feinschlamm									
Pb mg/kg TS	346			500		2000			
Cu mg/kg TS	600			500		5000			
Zn mg/kg TS	3450			2000		5000			
KW C10-C40 mg/kg TS	34			5000		5000			
PAK mg/kg TS	150			250		250			
Benzo[a]pyren mg/kg TS	3			10		10			
TOC mg/kg TS	4535			50000					
TOC400 mg/kg TS	3545					50000			
weiterer Parameter									
weiterer Parameter									
Organik (Laub, Plastik, Gummi, etc.) - *optional									
Pb g/t	45								650
Cu g/t	123								900
Zn g/t	345								2100
As g/t	3								3.5
weiterer Parameter									
weiterer Parameter									
Abwasser									
Pb mg/l	0.5						0.5	0.5	
Cu mg/l	1						1	0.5	
Zn mg/l	2						2	2	
gesamte KW mg/l	20						20	10	
pH-Wert	8.5						6.5 bis 9	6.5 bis 9	
GUS mg/l	20						kein GW	20	
weiterer Parameter									

Tabelle 6: Beispiel einer ausgefüllten Checkliste zur Dokumentation des Behandlungserfolgs (Excel-Tabelle mit bedingter Formatierung; fiktive Werte bei "gemessene Konzentration")