

ATA ad hoc AG Immobilisierungsanlagen

Stand: 13.06.2002

Stabilisierung/Verfestigung von Abfällen mit dem Ziel der Ablagerung auf Deponien (Entwurf)

1. Auftragsgrundlage

Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) hat in ihrer 77. Sitzung (17./18. Oktober 2001 in Gelsenkirchen) den Abfalltechnikausschuss (ATA) beauftragt, aufgrund des starken Aufkommens von sog. Immobilisierungsanlagen die sich daraus ergebenden abfallwirtschaftlichen Fragestellungen, insbesondere Art und Umfang eines Nachweises über die Langzeitwirkung einer Abfallstabilisierung, zu prüfen und zur 79. LAGA-Sitzung (Herbst 2002) zu berichten. Der ATA hat zur Bearbeitung unter Leitung Niedersachsens eine Arbeitsgruppe eingesetzt, der außerdem Vertreter des UBA und der Länder NRW, BB, ST angehören. Gegenstand der Betrachtung ist die Stabilisierung/Verfestigung von Abfällen mit dem Ziel der Ablagerung auf Deponien. Nicht betrachtet wird die Stabilisierung durch thermische und biologische Verfahren.

2. Rechtsvorschriften

Seit dem LAGA-Beschluss vom 17./18. Oktober 2001 ist mit der Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10.12.2001 eine Verordnung in Kraft getreten, die die Begrifflichkeiten der zu bearbeitenden Thematik neu definiert. In der Anlage der AVV sind Regelungen zu Verfestigungs- und Stabilisierungsmaßnahmen für Abfälle enthalten. Und zwar sind in Kapitel 19 in der Gruppe 19 03 folgende Abfallcodes festgelegt:

19 Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch und Wasser für industrielle Zwecke

19 03 Stabilisierte und verfestigte Abfälle (⁴)

19 03 04* als gefährlich eingestufte teilweise stabilisierte (⁵) Abfälle

19 03 05 stabilisierte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 190304 fallen

19 03 06* als gefährlich eingestufte verfestigte Abfälle

19 03 07 verfestigte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 190306 fallen

Es gibt danach stabilisierte und verfestigte Abfälle, die wiederum in gefährliche und nicht gefährliche Abfälle aufgeteilt werden. In Fußnote (4) wird der Unterschied zwischen stabilisierten und verfestigten Abfällen definiert:

„Stabilisierungsprozesse ändern die Gefährlichkeit der Bestandteile des Abfalls und wandeln somit gefährlichen Abfall in nicht gefährlichen Abfall um. Verfestigungsprozesse ändern die physikalische Beschaffenheit des Abfalls (z.B: flüssig in fest) durch die Verwendung von Zusatzstoffen, ohne die chemischen Eigenschaften zu berühren“.

Unter einer Verfestigung der Abfälle sind somit lediglich Prozesse zu verstehen, die zum Ziel haben, die mechanische Stabilität der Abfälle zu erhöhen, um die Zuordnungswerte zur Festigkeit einhalten und die Stabilität des Ablagerungskörpers gewährleisten zu können. Demgegenüber muss eine Stabilisierung gefährliche Inhaltsstoffe chemisch verändern, um sie in nicht gefährliche Inhaltsstoffe zu überführen oder die Schadstoffe dauerhaft und irreversibel in einer Matrix einzubinden. Diese Vorgabe wird in Fußnote (5) wie folgt beschrieben:

„Ein Abfall gilt als teilweise stabilisiert, wenn nach erfolgtem Stabilisierungsprozess kurz-, mittel- oder langfristig gefährliche Inhaltsstoffe, die nicht vollständig in nichtgefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt werden, in die Umwelt abgegeben werden könnten“.

Nach dieser Definition gilt zum einen jeder Abfall als stabilisiert und kann dem – nicht besonders überwachungsbedürftigen – Abfallcode 190305 zugeordnet wer-

den, bei dem eine **vollständige** Umwandlung gefährlicher in nichtgefährliche Inhaltsstoffe stattgefunden hat. Ist durch ein Stabilisierungsverfahren nur eine teilweise Umwandlung gefährlicher in nichtgefährliche Inhaltsstoffe oder eine Einbindung in die Abfallmatrix gegeben, so ist zum anderen für die Anerkennung einer Stabilisierung nachzuweisen, dass eine solche sowohl für kurz-, mittel- und langfristige Zeiträume gewährleistet ist. Dieser Nachweis ist geboten, da in Fußnote (5) von „in die Umwelt abgegeben werden könnte“ gesprochen wird, was nur so verstanden werden kann, dass bereits bei der Möglichkeit einer Abgabe von gefährlichen Inhaltsstoffen in die Umwelt, z.B. unter veränderten Umgebungsbedingungen, behandelte Abfälle nach Fußnote (5) als teilweise stabilisierte Abfälle zu betrachten und somit unter den besonders überwachungsbedürftigen Abfallcode 190304* einzustufen sind.

Die Bundesregierung hat dieses Konzept in ihren Entwurf einer Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) - BR-Drucks. 231/02 - aufgenommen und bzgl. der Voraussetzungen für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien in § 6 Abs. 2 und 3 folgende Regelung vorgesehen:

„(2) Besonders überwachungsbedürftige Abfälle dürfen nur abgelagert werden, wenn

- 1. die Deponie oder der Deponieabschnitt alle Anforderungen für die Deponieklasse III erfüllt und*
- 2. die Zuordnungskriterien des Anhangs 3 für die Deponieklasse III eingehalten werden*
oder
- 3. die Deponie alle Anforderungen für die Deponieklasse IV im Salzgestein erfüllt.*

(3) Abweichend von Absatz 2 können stabile, nicht reaktive besonders überwachungsbedürftige Abfälle, deren Auslaugverhalten dem von Abfällen entspricht, die die jeweiligen Zuordnungskriterien nach Anhang 1 der Abfallablagerungsverordnung einhalten, auf einer Deponie oder einem Deponieabschnitt der Klasse I oder II abgelagert werden, die unbeschadet

§ 3 Abs. 2, die Anforderungen des § 3 Abs. 1 der Abfallablagerungsverordnung einhalten. Diese Abfälle dürfen nicht gemeinsam mit biologisch abbaubaren Abfällen abgelagert werden. Abweichend von Absatz 2 können stabile, nicht reaktive besonders überwachungsbedürftige Abfälle, deren Auslaugverhalten dem von Abfällen entspricht, die die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 für die Deponieklasse IV einhalten, auf einer Deponie der Klasse IV, die in anderen Gesteinen als Salzgestein errichtet ist, abgelagert werden. Die Sätze 1 und 3 gelten nicht für verfestigte Abfälle (Abfallschlüssel 190306 der Abfallverzeichnis-Verordnung) oder teilweise stabilisierte Abfälle (Abfallschlüssel 190304 der Abfallverzeichnisverordnung), es sei denn, die jeweiligen Zuordnungskriterien werden von den Abfällen vor ihrer Verfestigung oder Stabilisierung eingehalten.“

Der Begriff „*stabile, nicht reaktive besonders überwachungsbedürftige Abfälle*“ ist der Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien (EU-Deponierichtlinie) entlehnt und umfasst besonders überwachungsbedürftige (b.ü.) Abfälle der AVV, die sowohl ohne weitere Behandlung als stabil und nicht reaktiv eingestuft werden können, und zwar dann, wenn ihr Auslaugverhalten dem von nicht b.ü. Abfällen entspricht (DepV, § 6, Abs. 3, Satz 1) – nachgewiesen mit dem üblichen DEV-S4-Verfahren - , als auch solche b.ü. Abfälle, die erst nach einer weiteren Behandlung (Stabilisierung/Verfestigung) als stabil und nicht reaktiv einstuftbar sind.

Mit dem letzten Satz von § 6, Abs. 3, DepV werden jedoch verfestigte und teilstabilisierte Abfälle von einer Ablagerung auf Deponien der Klassen I und II ausgeschlossen, sofern sie nicht vor der Behandlung die entsprechenden Zuordnungskriterien einhielten. Dies gilt auch für Abfälle, die dem Abfallcode 190307 zugeordnet werden können, auch wenn dies nicht ausdrücklich in der DepV angeführt wird. Denn zu den „*verfestigten Abfällen*“ zählen beide Abfallcodes, 190306* und 190307.

Eine Ablagerung von stabilisierten, ehemals b.ü. Abfällen ist demnach auf Deponien der Klassen I und II nur zulässig, wenn deren vollständige Stabilisierung nachgewiesen wird und wenn sie nach der Behandlung dem Abfallcode 190305 zugeordnet werden können.

Hiermit konkretisiert sich der Auftrag der Arbeitsgruppe auf die Fragestellung, wie und mit welchem Verfahren nachzuweisen ist, ob ein behandelter, ehemals b.ü. Abfall als dauerhaft stabil und nicht reaktiv eingestuft werden kann.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich über die langen Ablagerungszeiträume sowohl die Umgebungsbedingungen als auch die Struktur des stabilisierten Abfalls dergestalt verändern können, dass langfristig wieder verstärkt Schadstoffe freigesetzt werden könnten.

Die Berücksichtigung der Langfristbeständigkeit von Stabilisierungen erfolgt in ausreichendem Maße und praxisgerecht mit dem unter Ziffer 5.2 beschriebenen Nachweisverfahren.

Die Regelung der Deponieverordnung basiert darauf, dass insbesondere durch eine Kombination aus geologischer Barriere und speziellen Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen (Deponieklasse III) bzw. spezielle geologische Verhältnisse (z.B. Salzgestein – Deponieklasse IV) langfristig sichergestellt werden soll, dass gefährliche Inhaltsstoffe von Abfällen nicht in natürliche Stoffkreisläufe gelangen und so zu einer Gefährdung der Umwelt führen könnten. Werden in einem Stabilisierungsprozess schädliche Inhaltsstoffe irreversibel in nichtschädliche Inhaltsstoffe umgewandelt, ist eine Ablagerung auf Deponien der Klassen I und II konzeptkonform. Ist dies aber nicht oder nicht vollständig der Fall, ist ein Rückhalt der gefährlichen Inhaltsstoffe bei Ablagerung auf Deponien unterhalb der Deponieklasse III nicht mehr durch das Barrierekonzept gegeben, sondern wird durch das Einbinden in eine, gegenüber dem ursprünglichen Abfall veränderte „Matrix“ ersetzt. Bei Einlagerung dieser Abfälle in eine Deponie der Klasse I oder II sind die Abdichtungssysteme zur Umgebung entsprechend geringer dimensioniert. Aus diesem Grund reicht in Fußnote (5) zum Abfallschlüssel 190304* bereits die durch das Wort „*könnten*“ vorgegebene Möglichkeit einer Abgabe von gefährlichen Stoffen in die Umwelt aus, um eine Einstufung als teilweise stabilisierter und damit als besonders überwachungsbedürftiger Abfall vornehmen zu müssen.

3. Begriffsbestimmungen

3.1 Verfestigung

Fußnote (4) zur Abfallgruppe 1903 definiert: „*Verfestigungsprozesse ändern die physikalische Beschaffenheit des Abfalls (z.B. flüssig in fest) durch die Verwendung von Zusatzstoffen, ohne die chemischen Eigenschaften zu berühren*“. Es handelt sich damit ausschließlich um eine physikalische Behandlung zur Optimierung der Festigkeitsanforderungen i.S.d. TA Abfall bzw. der DepV. Abfalltechnisch müsste man zu den Verfestigungsprozessen auch die Entwässerung oder das Kompaktieren unter hohen Drücken zählen, obwohl dabei keine Zusatzstoffe verwendet werden.

3.2 Stabilisierung / Teilstabilisierung

Fußnote (4) zur Abfallgruppe 1903 definiert weiterhin: „*Stabilisierungsprozesse ändern die Gefährlichkeit der Bestandteile des Abfalls und wandeln somit gefährliche Abfälle in nicht gefährlichen Abfall um*“. Der mit der AVV in das Abfallrecht eingeführte Stabilisierungsbegriff umfasst damit z.B. auch die in der Praxis verwendeten Begriffe „*Immobilisierung*“ und „*Entgiftung*“ und löst diese ab.

Abzugrenzen ist die Stabilisierung von der Teilstabilisierung. Gemäß Fußnote (5) zum Abfallschlüssel 190304* gilt ein Abfall als teilweise stabilisiert, „*wenn nach erfolgtem Stabilisierungsprozess kurz-, mittel- oder langfristig gefährliche Inhaltsstoffe, die nicht vollständig in nicht gefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt wurden, in die Umwelt abgegeben werden könnten*“. Abfalltechnisch bedeutet dieses, dass bei einem Abfall, der als vollständig stabilisiert gelten soll, entweder

- a) gefährliche Inhaltsstoffe irreversibel und vollständig in nicht gefährliche Inhaltsstoffe überführt sein müssen („*Umwandlungsverfahren*“),

oder

- b) bei nicht oder nicht vollständig stattgefundener Umwandlung die gefährlichen Inhaltsstoffe so in eine Abfallmatrix eingebunden worden sind, dass kurz-, mittel- oder langfristig keine gefährlichen Inhaltsstoffe in die Umwelt abgegeben werden könnten („*Einbindungsverfahren*“).

Nachweisverfahren zu a) können im Einzelfall weniger problematisch sein, da der Erfolg einer vollständigen Umwandlung gefährlicher Inhaltsstoffe ggf. mittels genormter Prüfverfahren überprüfbar ist. Schwieriger ist der Nachweis zu b), da hierzu bislang keine verbindlichen Verfahren vorliegen. Daher wird ein Analyseverfahren zum Nachweis einer Abfallstabilisierung unter Ziffer 5.2 beschrieben.

4. Verfahrensbetrachtungen

4.1 Umwandlungsverfahren

Bei Stabilisierungsverfahren, die auf einer Schadstoffumwandlung beruhen, kann der Stabilisierungserfolg im Einzelfall abweichend von dem unter Ziffer 5.2 beschriebenen Verfahren auch durch Nachweis einer vollständigen Umwandlung der gefährlichen Inhaltsstoffe nachgewiesen werden.

Beispiele für Umwandlungsverfahren sind:

- A. Chromatentgiftung: Chrom VI-haltige Abfälle werden durch gezielte Reduktion auf chemischem Wege in Chrom III-haltige Abfälle überführt
- B. Cyanidentgiftung: Zur Entgiftung wird das Cyanid oxidativ zerstört und in andere umweltunschädliche Verbindungen überführt.
- C. Dehalogenierung aromatischer und aliphatischer Kohlenwasserstoffe.
- D. Neutralisation von Säuren bzw. Laugen.

E. Sulfidische Schwermetallfällung: Durch die Behandlung der löslichen Schwermetalle mit Sulfiden (z.B: Natriumsulfid) werden schwerlösliche Schwermetallsulfide gebildet. Ob eine Langzeitbeständigkeit im Einzelfall vorliegt, ist hier in jedem Fall nach dem unter Ziffer 5.2 benannten Verfahren nachzuweisen.

4.2 Einbindungsverfahren

Anders als bei Umwandlungsverfahren sind bei Einbindungsverfahren die umweltrelevanten Schadstoffe nicht oder nicht vollständig in ungefährliche Stoffe umgesetzt, sondern in eine Matrix eingebunden. Zusätzlich können bestimmte Schadstoffe (Schwermetalle) durch Konditionierungsmittel bei geeigneten pH-Werten in stabile/teilstabile Hydroxide mit einer Calcium-Silikat-Struktur überführt werden. Hier ist zur Abgrenzung einer Teilstabilisierung in jedem Einzelfall zu prüfen, ob diese Einbindung unter den denkbaren Ablagerungsbedingungen als dauerhaft beständig angenommen werden kann.

Bei organischen Inhaltsstoffen kann davon ausgegangen werden, dass eine Stabilisierung durch Einbindung allein nicht auf Dauer möglich ist. Insbesondere ist bei organischen Inhaltsstoffen langfristig eine Lösungsvermittlung bzw. ein Austrag über Schwebstoffe nicht auszuschließen. Hinzu kommt die immer vorhandenen Restlöslichkeit und einer Vergrößerung der Oberfläche, z. B. durch Rissbildungen.

Beispiele für Einbindungsverfahren sind Stabilisierungsprozesse mit Zement, Flugaschen, Kalk oder anderen Bindemitteln.

5. Untersuchungsverfahren zum Nachweis der Stabilisierung

5.1 Grundsätzliche Betrachtungen

Wenn stabilisierte gefährliche Abfälle nach dem Konzept der DepV auf - generell nicht für gefährliche Abfälle zugelassenen – Deponien der Klassen I und II abgelagert werden sollen, muss der Grundsatz gelten, dass die Anforderungen

an die Langzeitsicherheit eines stabilisierten Abfalls denen einer Deponie der Klasse III oder – bei nicht obertägig deponierbaren Abfällen – der Deponiekategorie IV, denen die Konzeption eines Multibarrieresystems zugrunde liegt, gleichwertig sein müssen. Insofern muss ein Untersuchungsverfahren für das Langzeitverhalten stabilisierter Abfälle u. a. folgende Überlegungen berücksichtigen:

- die mechanische Stabilität bzw. die Oberfläche eines eingebauten stabilisierten Abfalls kann z. B. durch Zerfall durch Frost/Tauwechsel, Rissbildung, Setzungen oder Quellvorgänge verändert werden und dadurch zu Änderungen im Reaktionsverhalten führen
- pH-Wert-Absenkungen in Ablagerungsbereichen sind z. B. durch sauren Regen, Kontakt mit Kohlendioxid aus der Atmosphäre und durch Exsudation organischer Säuren aus Pflanzenwurzeln möglich
- schwerlösliche Mineralphasen, die zur Einbindung von Schwermetallverbindungen genutzt werden, verlieren bei pH-Werten < 10 deutlich an Stabilität, wodurch eine verstärkte Löslichkeit der Schwermetalle gegeben ist.
- bei schwerlöslichen gefährlichen organischen Inhaltsstoffen ist eine Lösungsvermittlung durch eine Vielzahl von Stoffen, z. B. Huminstoffe, Tenside, nicht auszuschließen
- unlösliche organische Substanzen können bei Zerfall einer Abfallmatrix über Schwebstoffe in Form von partikulär gebundenem Kohlenstoff in die wässrige Phase gelangen und dadurch leichter mikrobiologisch umgesetzt werden
- die adsorptive Bindung von Schwermetallen an Mineraloberflächen kann durch Absenkung der pH-Wertes in ein saures Milieu, durch Desorption über Komplexbildner (z. B. Chlorokomplexe, organische Säuren) oder konkurrierende Alkali- oder Erdalkalitionen verloren gehen.

Um eine langfristige Einbindung von gefährlichen Inhaltsstoffen bei stabilisierten Abfällen beurteilen zu können, ist daher das üblicherweise angewendete Elutionsverfahren nach DEV-S4 nicht geeignet.

5.2 Untersuchungsverfahren für stabilisierte, ehemals b.ü. Abfälle

Zum Nachweis eines stabilisierten Abfalls ist eine Elution nach dem pH_{stat}-Verfahren bei pH 4 und pH 11 und einer Korngröße ≤ 10 mm durchzuführen. Bei in eine Matrix eingebundenem Abfall sind die Prüfkörper nach einer Aushärtungszeit von max. 28 Tagen für die Elution auf die Korngröße ≤ 10 mm zu zerkleinern. Durch die vorweggenommene Zerkleinerung werden Probleme durch Prozesse, wie z. B. thermische Verwitterung beim Abbinden durch höhere Temperaturentwicklung oder der Zerfall durch Frost/Tauwechsel, Senkungen oder Rissbildungen berücksichtigt. Festigkeitsprüfungen am Prüfkörper nach verschiedenen Belastungszuständen erübrigen sich somit. Die Herstellung von pH_{stat}-Eluaten ist in **der Richtlinie EW 98p** unter Nr. 5 beschrieben. Die Richtlinie ist als Anlage beigefügt.

6. Zuordnungshinweise

Konkrete Behandlungsverfahren, die für die Stabilisierung von Abfällen mit dem Anspruch Langzeitsicherheit geeignet sind, lassen sich nicht pauschal einstufen. Dies einerseits wegen starker Rezepturabhängigkeit (Abfall, Bindemittel, Additive), andererseits wegen der wechselnden Eigenschaften des zu stabilisierenden Abfalls (Herkunft, Zusammensetzung, Schadstoffinventar, Korngrößenverteilung usw.) sowie wegen der komplizierten Reaktionsbedingungen in der Stabilisierungsanlage.

Grundsätzlich kann aber festgestellt werden, dass eine Stabilisierung von Abfällen mit Gehalten an organischen Schadstoffen oberhalb der entsprechenden Zuordnungswerte für die jeweilige Deponieklasse nicht langzeitstabil möglich ist. Es ist daher zwingend, dass - bezogen auf organische Inhaltsstoffe - die jeweiligen Zuordnungskriterien einer Deponieklasse von den einzelnen Abfällen vor einer Stabilisierung eingehalten werden. Enthalten mineralische Abfälle organische Schadstoffe, die ihnen gefährliche Eigenschaften im Sinne der AVV verleihen, müssen diese vor einer Ablagerung auf einer Deponie der Klasse I oder II zerstört werden (z.B. durch biologische oder thermische Verfahren).

Ein ursprünglich besonders überwachungsbedürftiger Abfall kann als stabilisiert gelten und unter dem Abfallschlüssel 190305 auf einer Deponie der Klasse I oder II abgelagert werden, wenn nach dem unter Ziffer 5.2 dargelegten Nachweisverfahren die Zuordnungswerte der jeweiligen Deponieklasse eingehalten werden. Bei der Zuordnung eines stabilisierten Abfalls zu einer Deponieklasse auf Grund der Untersuchungsergebnisse aus der pH_{stat} -Elution ist die Masse an zugesetztem *“Stabilisierungsmittel“* zu berücksichtigen, damit ein *“Verdünnungseffekt“* ausgeschlossen werden kann.

Bei Umwandlungsverfahren kann im Einzelfall der Nachweis einer vollständigen Umwandlung der gefährlichen Inhaltsstoffe ggf. auch mittels genormter Analyseverfahren nachgewiesen werden.

Die Ablagerung verfestigter oder stabilisierter, ursprünglich b.ü. Abfälle auf einer Deponie der Klasse 0 (Inertstoffdeponie) ist gemäß EU-Deponierichtlinie und DepV unzulässig. Rein verfestigte, ursprünglich b.ü. Abfälle dürfen nur auf einer Deponie der Klasse I oder II abgelagert werden, wenn sie vor der Verfestigung die entsprechenden Zuordnungswerte einhalten. Wird andernfalls neben der Verfestigung eine Stabilisierung unterstellt, sind die Abfälle dem Nachweisverfahren für stabilisierte Abfälle nach Ziffer 5.2 zu unterziehen und müssen für eine Ablagerung auf Deponien der Klassen I und II die entsprechenden Kriterien eingehalten werden.