# Ablagerung von verunreinigten Materialien aus Rüstungsaltlasten

Erlass MUNLV vom 16.08.1999 - IV A 4 - 554 (n.v.)

*Der nv-Erlass ist älter als 5 Jahre und damit nicht mehr gültig. Er enthält jedoch noch relevante Erkenntnisse.*

Mit meinem o. a. Bezugserlass hatte ich Sie über die Problematik der Entsorgung von verunreinigtem Material aus Rüstungsaltlasten sowie über ein von mir initiiertes Untersuchungsvorhaben zur Erarbeitung der erforderlichen fachlichen Grundlagen informiert. Als fachliche Grundlage für Ihre Entscheidungen und für einen landesweit vergleichbaren Umgang mit entsprechenden Anträgen teile ich Ihnen im Folgenden die wesentlichen Ergebnisse des Untersuchungsvorhabens mit der Bitte um Berücksichtigung mit. Den ausführlichen Bericht werden Sie als Ausfertigung in Kürze erhalten.

Die im Rahmen des Vorhabens erarbeiteten Kriterien und Empfehlungen haben die Sicherung der gemeinwohlverträglichen Beseitigung von Materialien aus Rüstungsaltlasten zum Ziel, die in geringem Umfang mit nutzungstypischen Stoffen verunreinigt sind. Ausdrücklich nicht Gegenstand der Untersuchungen waren hoch-verunreinigte Materialien und entsprechende Reinsubstanzen, da deren Ablagerung insbesondere über Tage nicht in Betracht kommt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen stellen ausdrücklich keine Empfehlung für Umlagerungen als bevorzugte Sanierungsvariante im Einzelfall dar.

Aus der Vielzahl der auf Rüstungsaltlasten möglichen, nutzungsspezifischen Stoffe wurden die in Tab. 1 aufgeführten sprengstofftypischen Verbindungen (STV) praktisch untersucht. Diese Verbindungen sind auf Grund der ehemals produzierten Mengen einerseits sowie der Mobilität bzw. Persistenz der Stoffe und ihrer wichtigsten Abbauprodukte andererseits in erster Linie als beurteilungsrelevant zu erwarten, wenn eine Deponierung von verunreinigten Materialien aus Rüstungsaltlasten zur Diskussion steht.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Gemisch** | **Name** | **Synonym / Abkürzung** | **CAS-Nr.** | **Anwendungs-/ Herkunftsbereich** |
| STVI | 2,4,6-Trinitrotoluol | 2,4,6-TNT | 118-96-7 | häufigster Sprengstoff |
| 2-Amino-4,6-Dinitrotoluol | 2-A-4,6-DNT | 35572-78-2 | TNT-Abbauprodukte |
| 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol | 4-A-2,6-DNT | 19406-51-0 |
| 2,4-Dinitrotoluol | 2,4-DNT | 121-14-2 | TNT-Vorprodukte, Komponenten in Sprengstoffgemischen |
| 2,6-Dinitrotoluol | 2,6-DNT | 606-20-2 |
| 2-Nitrotoluol | 2-NT | 88-72-2 |
| STVII | Nitropenta | PETN | 78-11-5 | Sprengstoffe |
| Hexogen | RDX | 121-82-4 |
| Octogen | HMX | 2691-41-0 |
| 1,3-Dinitrobenzol | 1,3-DNB | 99-65-0 | Ersatzsprengstoff |

**Tab. 1:** Im Vorhaben praktisch untersuchte Gemische von STV

Die Laboruntersuchungen umfassten zusätzlich einige aromatische Arsenkampfstoffe als einzige Vertreter aus der Gruppe der chemischen Kampfstoffe. Nur bei diesen wurde auf Grund theoretischer Überlegungen (Reizkampfstoffe, d. h. verhältnismäßig schwache Kampfstoffwirkung; große Mengen produziert; langzeitstabil, d. h. auch heute noch in Böden vorhanden) eine Deponierung überhaupt in Erwägung gezogen. Praxisberichte aus dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien / ABC-Schutz des Bundes (WIS Munster), die durch mündliche Mitteilung des Umweltbundesamtes bestätigt wurden, zeigen aber, dass diese Stoffe abhängig von den im Einzelfall vorliegenden personenabhängigen, örtlichen und klimatischen Gegebenheiten bereits in Spurenkonzentrationen ihre Reizwirkung entfalten können. Diese Beobachtung trifft ebenfalls auf die Produkte der ersten Abbaustufe zu, die im Boden über Jahrzehnte persistent sein können. Es ist somit nicht möglich, Kriterien oder Konzentrationen abzuleiten, die im Einzelfall die gemeinwohlverträgliche Beseitigung derart 'verunreinigter Materialien auf Deponien sicherstellen könnten.

**Aus Gründen des Arbeits- und Personenschutzes sind daher alle Materialien, die chemische Kampfstoffe in nachweisbarer Form oder Abbauprodukte mit vergleichbarer Kampfstoffwirkung enthalten, grundsätzlich von einer Deponierung auszuschließen.**

Je nach Fallgestaltung ist darzulegen, dass das abzulagernde Material solche Substanzen nicht enthält (s. hierzu auch Pkt. 3.1 und Pkt. 4.2).

Bezüglich der **Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere STV** gilt, dass grundsätzlich die aus der Literatur zu entnehmenden Stoffkenndaten einer Substanz (z. B. Löslichkeit oder Dampfdruck) soweit vorhanden - grobe Anhaltswerte für das Mobilitätsverhalten liefern, und daher für eine vergleichende Betrachtung innerhalb von Stoffgruppen herangezogen werden können. Ein solcher Vergleich muss jedoch immer unter Vorbehalt erfolgen, da

- die Angaben zu Stoffkenndaten bei STV häufig unvollständig und/oder widersprüchlich sind. Oft ist zudem nicht bekannt, unter welchen speziellen Randbedingungen die Werte ermittelt wurden, was die Vergleichbarkeit zusätzlich infrage stellt,

- die durchgeführten Versuche gezeigt haben, dass die experimentell ermittelten Mobilitäten in der flüssigen bzw. der Gasphase nicht in jedem Fall mit den Stoffkenndaten einer Substanz in Einklang zu bringen waren.

Um die gemeinwohlverträgliche Beseitigung verunreinigter Materialien aus Rüstungsaltlasten sicherzustellen, sind daher aus Vorsorgegründen bei der Formulierung von Anforderungen, die im Deponierungsfall einzuhalten sind, weiterhin hohe Maßstäbe anzulegen.

## 1. Anforderungen an Deponien zur Aufnahme verunreinigter Materialien aus Rüstungsaltlasten

### 1.1 Basisabdichtung, Sickerwasserfassung

Auf Grund der Toxizität der hier betrachteten Stoffe und der Unsicherheiten bei der Prognose der Sickerwasserbelastungen sollten verunreinigte Materialien aus Rüstungsaltlasten grundsätzlich nur in Deponiebereichen abgelagert werden, die mit einer Basisabdichtung ausgestattet sind, die mindestens den Anforderungen der TA Siedlungsabfall (TASi) für die Deponieklasse II entspricht. Das Sickerwasser muss wirksam gefasst und einer, geeigneten Behandlungsanlage zugeführt werden.

### 1.2 Sickerwasserbehandlungsanlage

Das Verfahren, mit dem das Sickerwasser der infrage kommenden Deponie behandelt wird, muss als zentralen Verfahrensschritt eine Umkehrosmose oder einen Bioreaktor mit nachgeschaltetem Aktivkohlefilter beinhalten. Während eine Umkehrosmose gleichermaßen effizient für alle der betrachteten STV eingesetzt werden kann, trifft dies für eine biologische Behandlung nicht zu. Zur Eliminierung eventueller Restkonzentrationen im Sickerwasser ist daher ein nachgeschalteter Aktivkohlefilter erforderlich. Falls im Einzelfall ein plötzlicher Konzentrationsanstieg der STV im Sickerwasser bis in den mg/l-Bereich möglich ist, sollte die Verträglichkeit für den Bioreaktor mit geeigneten Untersuchungen nachgewiesen werden.

### 1.3 Deponiegasfassung und -behandlung

Bei Ablagerung von Materialien, die in nennenswertem Umfang (Annäherung an die in [Tabelle 2](#_Tabelle_2) vorgeschlagenen Orientierungswerte) mit MNT, DNT oder DNB belastet sind, sollte die Deponie mit einer Gasfassung ausgestattet sein. Das gefasste Deponiegas sollte einer energetischen Nutzung oder einer Fackelanlage (Hochtemperaturfackel > 1.200 °C, Verweilzeit im Hochtemperaturbereich Z 0,3 sec) zugeführt werden.

### 1.4 Ablagerungsbereich

Da eine Mobilitätssteigerung durch organische Lösungsvermittler nicht auszuschließen ist, wird empfohlen, die Materialien so abzulagern, dass sie nicht von organisch belasteten Sickerwässern durchströmt werden können. Auf Grund der bisher unzureichend geklärten Zersetzung von 2,4,6-TNT im alkalischen Milieu sollte bei TNT-belasteten Materialien zudem ein Kontakt mit alkalischem Sickerwasser (> pH 8) ausgeschlossen werden.

Bevorzugt kommt somit der Einbau in Monobereichen oder als oberste Ablagerungsschicht unter dem Oberflächenabdichtungssystem in Betracht.

## 2 Hinweise für den Deponiebetrieb

### 2.1 Einbau

Um den Schadstoffaustrag aus den verunreinigten Materialien zu minimieren, empfiehlt sich ein kleinflächiger Einbau mit hoher Verdichtung. Dies gilt insbesondere für mit MNT[[1]](#footnote-1) belastete Materialien, die je nach den vor-Ort-Bedingungen Geruchsentwicklungen hervorrufen können. Rollige Materialien - insbesondere TNT-verun­reinigter Bauschutt - sind unmittelbar nach dem Einbau mit bindigem Boden oder Folien abzudecken, bis eine Zwischen- oder Endabdeckung aufgebracht wird.

### 2.2 Arbeitsschutz

Beim Einbau verunreinigter Materialien aus Rüstungsaltlasten sind neben den generell für den Deponiebetrieb geltenden Arbeitsschutzvorschriften die speziell für Arbeiten auf (Rüstungs)-Altlasten bzw. kontaminierten Standorten aufgestellten Richtlinien, Empfehlungen und Leitlinien zu beachten. Dies gilt vor allem beim Umgang mit leichtflüchtigen Stoffen.

## 3 Anforderungen an das Deponat

### 3.1 Voruntersuchungen

Alle für die Deponierung vorgesehenen Materialien müssen nach Beschaffenheit und Herkunft genau bekannt sein. Es ist sicherzustellen, dass Art und Umfang der Verunreinigungen durch eine detaillierte historische Recherche, Gefährdungsabschätzung und Sanierungsuntersuchung zuvor ermittelt wurden. Besonderer Wert ist auf eine vollständige, dem Herkunftsstandort angepasste Parameterliste bei der Analytik der Materialien zu legen. Dabei ist grundsätzlich zu überlegen, ob auch chemische Kampfstoffe oder deren Abbauprodukte am Standort vorhanden sein können. Bestehen entsprechende Hinweise, sind diese auch analytisch zu überprüfen.

Im Vorfeld sowie während des Aushubs ist sicherzustellen, dass die zur Deponierung vorgesehenen Materialien frei von Kampfmitteln in Form von Patronen, Granaten, Bomben oder Spreng- bzw. Kampfstoffen in Behältnissen o. ä. sind. Die Materialien dürfen zudem Sprengstoffe grundsätzlich nur in feinverteilter Form und nicht als Reinsubstanzen in makroskopischen Aggregaten (z. B. TNT-Brocken nur mit einer Kantenlänge < 1 cm) enthalten, auch wenn die als Orientierungswerte vorgeschlagenen Konzentrationen insgesamt nicht überschritten werden.

### 3.2 Orientierungswerte für maximale Substanzkonzentrationen an STV

Als Obergrenzen für die Deponierung von STV-verunreinigten Materialien werden auf der Basis des aktuellen Standes der Erkenntnisse die in Tab. 2 (s. S. 11) aufgeführten Orientierungswerte empfohlen. Dabei ist in jedem Fall abhängig von der technischen Ausstattung und der Betriebsführung der vorgesehenen, Deponie sowie der zu erwartenden Schadstofffracht aus dem Deponat eine Einzelfallentscheidung zu treffen.

Bei den Orientierungswerten wird unterschieden zwischen Ablagerungsbereichen, die dem vorab beschriebenen Standard bezüglich der technischen Ausstattung und der Betriebsführung entsprechen (Stufe 1), und Ablagerungsbereichen mit höherem Sicherheitsniveau (Stufe 2). Unter Ablagerungsbereichen der Stufe 2 sind Verfüllabschnitte von Sonderabfalldeponien zu verstehen, die über die Anforderungen an Ablagerungsbereiche der Stufe 1 hinausgehend eine Basisabdichtung aufweisen, die mindestens den Anforderungen der TA Abfall, Teil 1, entspricht, und die über eine effiziente Sickerwasserfassung. und -behandlung verfügen.

Eine Zuordnung zu den Deponieklassen nach TASi bzw. TA Abfall, Teil 1, wird bewusst vermieden, da die derzeit in NRW betriebenen Deponien bis auf sehr wenige Ausnahmen bereits vor In-Kraft-Treten der TA Abfall, Teil 1, bzw. der TASi betrieben wurden, und die technischen Ausstattungen dementsprechend trotz erfolgter Anpassungsmaßnahmen sehr unterschiedlich sind.

Die Ableitung der empfohlenen Orientierungswerte erfolgte vor allem auf der Basis folgender Kriterien und Untersuchungsergebnisse (vgl. auch Tab. 2):

• Löslichkeit der Substanz in Wasser

• experimentell ermittelter eluierbarer Anteil

• Auswirkung unterschiedlicher pH-Werte des Elutionsmediums

• Auswirkung von organischen Lösungsvermittlern (SDS)

• potentieller Austrag über die Gasphase

• Einschätzung der Ökotoxizität (Wirkpotentialfaktor).

Zur weitergehenden Begründung der Werte verweise ich auf den Abschlussbericht zum Vorhaben.

## 4 Hinweise zur Eignung von Überwachungsverfahren

### 4.1 Analysenanzahl, Probennahme

Aufgrund der besonderen Problematik der Ermittlung repräsentativer Feststoffbelastungen ist bei der Deklarations- und Kontrollanalytik die Anwendung der Probenahmevorschriften der LAGA zu beachten (LAGA-Richtlinie PN 2/78 bzw. LAGA PN 2178K).

Zur Konkretisierung und Steigerung der Aussagesicherheit bei der Messwertbeurteilung sollten zur Probenahme die v. g. LAGA-Richtlinien durch die in Tab. 3 beschriebene Vorgehensweise ergänzt werden. Danach sind in Abhängigkeit der Kubatur der zu entsorgenden Boden-/Materialmenge folgende Probenumfänge zu berücksichtigen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Volumen des Haufwerkes/ Schüttkörpers | Mindestanzahl der zu erstellenden Durchschnittsproben | Anzahl der zu entnehmenden Einzelproben je Durchschnittsprobe |
| [m³] | [Stck.] | [Stck.] |
| < 25 | 1 | 5 |
| < 50 | 2 | 5 |
| < 100 | 3 | 7 |
| < 200 | 4 | 10 |
| < 300 | 5 | 12 |
| < 400 | 6 | 13 |
| < 500 | 7 | 14 |
| < 750 | 8 | 19 |
| < 1.000 | 9 | 22 |
| > 1.000 | je angefangene 250 m³ zusätzlich eine Durchschnittsprobe | 22 + x |

**Tab. 3:** Volumenbezogene Beprobung von Haufwerken bzw. Schüttkörpern (Entwurf LAGA Richtlinie PN 98)

Bei Volumina über 1.000 m3 ergibt sich die notwendige Anzahl der Einzelproben je Durchschnittsprobe aus dem Quotienten von Haufwerksvolumen und Anzahl der Durchschnittsproben. Dieser Quotient gibt das Volumen an, für das eine Durchschnittsprobe repräsentativ ist. Je 5 m3 dieser Teilmenge ist eine Einzelprobe zu entnehmen (22 + x).

### 4.2 Parameterumfang

Der für die Deklarations- und Kontrollanalytik erforderliche Parameterumfang ist aus den notwendigerweise vorliegenden Gefährdungsabschätzungen und Sanierungsuntersuchungen für die Anfallstelle abzuleiten. Die Analysen können auf die aus diesen Untersuchungen als Leitparameter anzusehenden- Parameter beschränkt werden. Voraussetzung für dieses Vorgehen sind jedoch vollständige Untersuchungsberichte, die ein sorgfältiges Vorgehen bei der Erkundung der Altlast oder anderweitigen Anfallstelle belegen. Falls Hinweise für das Vorhandensein chemischer Kampfstoffe am Anfallort bestehen, muss nachgewiesen werden, dass die zu deponierenden Materialien derartige Stoffe nicht enthalten.

Der für die Sickerwasserüberwachung erforderliche Parameterumfang wird i. d. R. auf der Grundlage der WÜ 98 festgelegt. STV werden dabei nicht erfasst. Hier sind einzelfallbezogene Abwägungen vorzunehmen, ob relevante Konzentrationen an STV im Sickerwasser zu besorgen sind, und ggf. zusätzliche Parameter festzulegen.

Analog ist bei der Kontrolle des Abflusses aus der Sickerwasserbehandlungsanlage zu verfahren, da der Anhang 51 der Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift ebenfalls keine STV umfasst.

### 4.3 Analyseverfahren

Für die Analytik von sprengstofftypischen Verbindungen im Wasser existieren derzeit folgende Normen bzw. Norm-Entwurfs-Manuskripte:

- DIN 38407-16 (Stand Juni 1999)

Bestimmung von Anilin-Derivaten mittels Gaschromatographie (F.16)

- DIN 38407-17 (Stand Februar 1999)

Bestimmung ausgewählter nitroaromatischer Verbindungen mittels Gaschromatographie (F 17)

- Manuskript für Entwurf DIN 38407-F21 (Stand August 1998)

Bestimmung ausgewählter Explosivstoffe und verwandter Verbindungen durch Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) mit UV-Detektion (Gelbdruck liegt noch nicht vor).

Für die Bestimmung dieser Substanzen in Feststoffen gibt es zur Zeit keine genormten bzw. in der Normung befindlichen Verfahren. Es existieren jedoch einige Verfahren, die zum Teil auf Länderebene akzeptiert sind und routinemäßig angewendet werden. Hier ist für die STV vor allem die in Anlehnung an die US-EPA Method 8330 durchgeführte Extraktion im Ultraschallbad mit Acetonitril und Bestimmung mit HPLC und DAD zu nennen.

Aus aktuellem Anlass wird an dieser Stelle auf die neu erschienenen Hinweise zur Analytik bzw. Überwachung in den Mitteilungen der LAGA 28 hingewiesen.

## Tabelle 2

| **Substanz** | **Orientierungswerte  zur Konzentrations-Obergrenze** | | **Herleitungskriterien aus dem Untersuchungsvorhaben** | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Deponie-Ausstattung Stufe 1\* | Deponie- Ausstattung  Stufe 2\* | untersuchte Stoff- Konzen- trationen | Löslichkeit in H2O  bei 20 °C | eluierbarer Anteil gemäß LAGA-Richtlinie EW 98 \*\* | signifikanter pH-Wert- Einfluss erkennbar | | Löslichkeitssteigerung durch SDS erkennbar | Austrag über die Gasphase zu erwarten | Ökotoxizität (Wirk- potential faktor) |
|  | [mg/kg] | [mg/kg] | [mg/kg] | [mg/l] | [%] |  |  | |  | [ ] |
| 2,4,6-TNT1 | - | - | 1.000 | ~ 130 | 84 | ja | ja | | nein | 100 |
| 2-A-4,6-DNT1 | - | - | 100 | 31,9 | 90 | ja | ja | | nein | 100 |
| 4-A-2,6-DNT1 | - | - | 100 | 180 (25 °C) | 90 | ja | ja | | nein | 100 |
| 2,4-DNT1 | - | - | 100 | 166 | 90 | nein | ja | | u. U. | 10 |
| 2,6-DNT1 | - | - | 100 | 145 | 80 | nein | ja | | u. U. | 100 |
| 2-NT | 100 | 100 | 100 | 440 | 80 | nein | ja | | ja | 100 |
| 1,3-DNB | 100 | 200 | 500 | ~ 530 (25 °C) | 90 | nein | nein | | u. U. | 1.000 |
| **∑ Nitroaromaten** | 1.000 | 2.000 | - | - | - | - | - | | - | - |
| Hexogen | 1.500 | 3.000 | 500 | ~ 40 | 62 | ja | ja | | nein | 100 |
| Octogen | 2.000 | 4.000 | 500 | 4,5 | 2 | nein | nein | | nein | 10 |
| Nitropenta | 2.000 | 4.000 | 500 | 2 | 4 | nein | nein | | nein | (1.000)2 |

1 nur Summenbegrenzung

\* vgl. S. 5

\*\* Mittelwert aus Lößlehm- und Quarzsandeluat

2 Vorsorgewert, Grundlagen fehlen

1. (Mononitrotoluole; Sammelbegriff für die Isomere 2-NT, 3-NT und 4-NT) [↑](#footnote-ref-1)