

Aus dem Rat des Bezirkes Leipzig, Bezirks-Hygieneinspektion und -institut,
Abteilung Wasser- und Bodenhigiene,
dem Institut für Komunalwirtschaft Dresden
und dem Rat des Bezirkes Leipzig, Abteilung Geologie

Möglichkeiten und Grenzen des Konzeptes der gemischten Schadstoffdeponie

Von Joachim Tauchnitz, Peter Czerney, Michael Partisch, Wilfried Mahrla,
Günter Kiesel und Carolus Spreer

Mit 4 Tabellen

(Eingegangen am 12. Juni 1985)

1. Einleitung

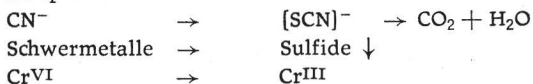
Die Beseitigung und Verwertung von schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukten (STA) erfordert den Bau und Betrieb spezieller Behandlungsanlagen. Da solche Anlagen noch nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen, werden derartige Abfälle zur Zeit häufig deponiert.

Neben der in der DDR gesetzlich geregelten „Oberirdischen Deponie“ für toxische Abprodukte und andere Schadstoffe [TGL 37597 (1981) bzw. 6. DVO zum Landeskulturgesetz (1983)] bietet die sogenannte „Gemischte Schadstoffdeponie“ eine alternative, aussichtsreiche Beseitigungsmöglichkeit.

Das Konzept der gemischten Schadstoffdeponie geht davon aus, daß begrenzte Mengen schadstoffhaltiger und toxischer Abprodukte gemeinsam mit Kommunal Müll, der über ein bestimmtes „Entgiftungspotential“ verfügt, abgelagert werden. Durch Ausnutzung eben dieses Entgiftungspotentials werden STA in ökonomisch vorteilhafter Weise so umgewandelt, daß die von gemischten Schadstoffdeponien ausgehenden Emissionen minimiert und aus ökologischer Sicht verantwortbar werden. Das Grundprinzip heißt also: Entgiften durch Ablagerung.

Das „Entgiftungspotential“ wird definiert als Summeneffekt von mikrobiologischen Prozessen und chemischen Reaktionsabläufen, in deren Gefolge die umweltschädigenden Eigenschaften der STA verringert oder aufgehoben werden.

Beispiele:



Da die Inhaltsstoffe der schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukte unterschiedlich schnell abgebaut und umgewandelt werden, erheben sich die Fragen, welche Stoffe auf gemischten Schadstoffdeponien in welchen Mengen abgelagert werden können und welche Anforderungen an die Deponiestandorte (Mahrla u. a. 1982) zum Aufbau gemischter Schadstoffdeponien gestellt werden müssen. Mit der vorliegenden Arbeit wird versucht, auf diese Fragen Antwort zu geben.

2. Grundsätze der gemischten Schadstoffdeponie

Eine gemischte Schadstoffdeponie zeichnet sich durch ihre funktionale Einheit von

natürlichen Standortfaktoren und Deponiekörper als chemisch-biochemischer Reaktor aus, der zugleich als geochemische Barriere wirkt.

Diese Wirkungsweise einer gemischten Schadstoffdeponie ist abhängig vom Standorttyp (Mahrla u. a. 1982, Tauchnitz u. a. 1981, Mahrla u. a. 1980) von der Art und Menge der verkippten Abfälle und von der Verkipfungstechnologie (Mahrla u. a. 1982, Tauchnitz u. a. 1981).

Wichtigster Grundsatz einer gemischten Schadstoffdeponie ist, daß die Abbaubzw. Entgiftungsgeschwindigkeit der STA größer sein muß als ihre Wanderungsgeschwindigkeit durch den Deponiekörper. Das setzt voraus, daß die abgelagerten Verbindungen überhaupt chemisch bzw. biochemisch abbaubar bzw. entgiftbar sind, und/oder daß sie an dem mit abgelagerten Kommunal Müll sorbiert werden.

Die vorhandene natürliche oder künstliche Deponiebasisabdichtung hat dabei auch die Funktion eines zusätzlichen Migrationshemmers, entsprechend ihrer Sorptionskapazität, für den Fall eines Durchbruchs von Wasserschadstoffen durch den Deponiekörper (Mahrla u. a. 1982, Tauchnitz u. a. 1985).

Trotz Ablagerung von schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukten dürfen die Schädlichkeitsgrenzen (Liebmann 1960) der Sickerwasserinhaltsstoffe gegenüber dem Selbstreinigungsvermögen und die Eh- und pH-Grenzwerte der Sickerwässer nicht überschritten werden (Tauchnitz u. a. 1984).

Diese Grundsätze bestimmen Art und Menge der abzulagernden schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukte und die Auswahl des Deponiestandes für das jeweilige Abprodukt bzw. die Abproduktklassen.

3. Technologische Varianten der gemischten Schadstoffdeponie

Das von uns (Tauchnitz u. a. 1984) entwickelte Konzept der gemischten Schadstoffdeponie und die in diesem Zusammenhang bereits ausgewiesenen Standorttypen bedürfen einer weiteren technologischen Untergliederung, um der breiten Palette der schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukte gerecht zu werden.

Dazu werden vier verschiedene technologische Varianten von Gemischten Schadstoffdeponien vorgeschlagen, die mit a, b, c und d bezeichnet werden und der feineren Untergliederung der ausgewiesenen Standorttypen (Mahrla u. a. 1980) dienen.

Variante a: Gemischte Schadstoffdeponie auf der Basis einer Geordneten Deponie (ifk 1979, Verfügung 20/83 MBL)

Schadstoffhaltige und toxische Abprodukte werden auf abgedichteten Geordneten Deponien in den einzelnen Kommunal Müllschichten eingebaut. Die Deponiebasisabdichtung hat Durchlässigkeitswerte für Wasser von $\leq 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Das Sickerwasser wird über Drainagen abgeleitet.

Variante b: Gemischte Schadstoffdeponie auf der Basis der TGL 37 597 (1981)

Die Ablagerung von schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukten erfolgt wie bei a). Die Deponie ist entsprechend TGL 37 597 (1981) mit Material gegenüber dem geologischen Untergrund abzudichten, das Durchlässigkeiten von $\leq 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ besitzt. Das Sickerwasser wird über Drainagen in ein Sammelbecken geleitet und nach eventuell notwendiger Behandlung durch Untergrundversickerung oder Abschlag im Vorfluter beseitigt.

Variante c: Gemischte Schadstoffdeponie und Recycling (Tauchnitz u. a. 1985 b)

Das Verfahren erfolgt analog zu Variante b). Das Sickerwasser wird jedoch durch Sammelbecken mit adsorbierend wirkenden Substraten geleitet, die sich mit Schwermetallionen und anderen Schadstoffen anreichern. Das Adsorbat und die im Sicker-

wassersammelbecken anfallenden Fällungsprodukte (Sedimente) werden einer Metallaufbereitung zugeführt. Das Sickerwasser wird nach eventuell notwendiger, weiterer Behandlung beseitigt (Untergrundversickerung, Abschlag in die Vorflut).

Variante d: Gemischte Schadstoffdeponie und Sickerwasserkreislaufführung

Das Verfahren entspricht im Prinzip der Variante c mit dem Unterschied, daß das Sickerwasser durch gesteuerte Verregnung zum Zweck maximaler Verdunstung auf dem Deponiekörper beseitigt wird (Doedens u. a. 1984). Damit wird die Verbindung Sickerwasser–Oberflächenwasser (Vorfluter) bzw. Sickerwasser–Grundwasser unterbrochen.

Das Verfahren ist unter Umständen verbunden mit einer verstärkten Auslaugung des Deponiekörpers. Es bewirkt infolge des höheren Wasserdargebotes im Deponiekörper verstärkt anaerobe Abbauvorgänge, die sich auf das Recycling außerordentlich günstig auswirken.

Bei allen vier Verfahrensvarianten sollte der Deponiekörper eine Mächtigkeit von ≥ 8 m besitzen. Das bedeutet, daß in den Deponiekörper erst nach der vierten Kommunal Müllschicht (je 2 m Mächtigkeit) schadstoffhaltige und toxische Abprodukte eingebaut werden dürfen. Darüber hinaus sollte der Deponiekörper eine so große Plateaufläche besitzen, daß die Verkipfung der schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukte flächenmäßig erfolgen kann, ohne daß diese an den Böschungen in die Umgebung abdriften. Das Deponiematerial bzw. sein Entgiftungspotential gegenüber den Inhaltsstoffen der schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukte muß untersucht werden. Methoden für diese Untersuchungen können z. B. Laborkompostierungen der Schadstoffe mit dem Kommunal Müll (Tauchnitz u. a. 1983 b) oder die von Führ u. a. (1983, 1984) beschriebenen Methoden sein.

Das so ermittelte Entgiftungspotential bildet die Grundlage für die Festlegung von Art und Menge der deponierbaren STA (chemischen Verbindungen). Punktförmige Ablagerungen sollten vermieden werden, um Schädigungen der Mikroflora durch überhöhte Konzentrationen auszuschließen.

4. Standorttyp und Kategorie (Tabelle 4)

Die Anwendung der im Abschn. 3. vorgestellten technologischen Varianten ist grundsätzlich auf allen Deponiestandorten möglich, wenn

- Maßnahmen zum Schutz der Grundwasserqualität (Abdichtung, Aufhöhung der Deponiebasisfläche über das Niveau der Grundwasseroberfläche) getroffen worden sind,
- der vorgesehene Deponiekörper eine ausreichende Mächtigkeit erreicht hat,
- die Deponieoberfläche (Plateau) eine entsprechende flächenhafte Ausdehnung besitzt,
- die abgelagerten Abprodukte (z. B. Hausmüll) ein ökonomisch-optimales Entgiftungspotential aufweisen.

Maßnahmen zum Schutz der Grundwasserqualität sind kostenintensiv. Daher sollte das Primat auf die Auswahl von Standorten gelegt werden, die bereits entsprechende geologische Voraussetzungen besitzen. Ungeeignet sind unter diesen Gesichtspunkten die Standorttypen PAN und A/AN (s. Tab. 4).

Die potentiell aeroben Standorttypen in Haldenform PA-C1 und in Muldenform PA-C2 sind für alle technologischen Varianten geeignet.

In Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit (k) des Schluffes können die Standorttypen PA-B1 und PA-B2 für alle vier technologischen Varianten herangezogen werden (s. Abschn. 3.).

Die Standorttypen PA-A1 und PA-A2 bieten die ungünstigsten Voraussetzungen für die Ablagerung von schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukten. Solche Standorttypen sind je nach Nutzbarmachung für die o. g. technologischen Varianten entsprechend abzudichten ($k \leq 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ oder $k \leq 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

5. Ablagerbare Stoffe

5.1. Allgemeine Betrachtungen

Um die zur Ablagerung kommenden STA den entsprechenden technologischen Varianten der gemischten Schadstoffdeponien zuordnen zu können, müssen deren wirksame Inhaltsstoffe und ihre Eigenschaften wie Sorptionsfähigkeit, Löslichkeit, Toxizität und Persistenz (der Inhaltsstoffe von den Abprodukten) bekannt sein. Diese Parameter bestimmen im wesentlichen die Abbau- bzw. Entgiftungs- und Wanderungsgeschwindigkeit einer Substanz im Deponiekörper. Dabei ist die Toxizität eines Inhaltsstoffes mit geringer Persistenz und guter Sorptionsfähigkeit für die Beseitigung durch oberirdische Deponie, abgesehen vom Arbeitsschutz, nicht von Bedeutung.

Die Persistenz von Substanzen wird in der Literatur mit den in Tabelle 1 aufgeführten Begriffen differenziert angesprochen. Im folgenden wird mit der Terminologie von Ottow (1984) gearbeitet.

Tabelle 1. Ansprache zur Persistenz

Begriff	Inhalt	Literatur
biological soft	Biodegradation ist schnell genug bezüglich der Verteilungsgeschwindigkeit in der Umwelt	Gilbert u. a. (1977)
biological hard	Biodegradation ist ungenügend schnell, bezüglich der Verteilungsgeschwindigkeit in der Umwelt	Gilbert u. a. (1977)
highly persistence moderately persistence least persistence	50–0 %iger Abbau 51–90 %iger Abbau 91–100 %iger Abbau	nach der 2. Inku- bations- periode
sehr persistent	Abbau um 75 % in 1–15 Jahren	
mäßig persistent	Abbau um 75 % in 2–12 Monaten	Ottow u. a. (1984)
gering persistent	Abbau um 75 % in 1–6 Monaten	
nicht persistent	Abbau um 75 % in 1–12 Wochen	

Da für die Ablagerung von STA auf gemischten Schadstoffdeponien und die davon ausgehende mögliche Gefährdung der Umwelt Kenntnisse über das Löslichkeits- und Sorptionsverhalten der wirksamen Inhaltsstoffe der STA besonders wichtig sind, gewinnt für unsere Betrachtungen die Arbeit von Griffin u. a. (1983) an Bedeutung.

Die Sorption unpolarer organischer Substanzen wird mittels des K_{oc} -Wertes beschrieben (Berkowitz u. a. 1982, Griffin u. a. 1983).

$$K_{oc} = \frac{K_f \times 100}{TOC}$$

wobei nach Griffin u. a. (1983) die Sorption (K_{oc}) aus folgenden Gleichungen, bei Kenntnis der Löslichkeit oder des Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten, errechnet werden kann (s. Tab. 2).

$$\lg K_{oc} = 3,95 - 0,62 \lg S; r^2 = 0,86 \quad \text{Confidenzintervall: 95 \%}$$

$$\lg K_{oc} = 0,088 + 0,909 \lg K_{ow}; r^2 = 0,93 \quad \text{Confidenzintervall: 95 \%}$$

S: Löslichkeit in Wasser [ppm]
 K_{ow} : Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient
 K_f : Freundlich'sche Adsorptionskonstante
 TOC: Gesamter organischer Kohlenstoff [%]

Ungeachtet der Problematik der Übertragbarkeit dieser im Labor bestimmten Parameter auf die jeweiligen konkreten Deponieverhältnisse sollen sie trotzdem zur Entscheidungsfindung, auf welcher Deponie diese Substanzen abgelagert werden können, herangezogen werden. Es ist unmöglich, alle Substanzen Testversuchen zu unterziehen, zumal diese Ergebnisse ebenfalls „nur“ Modellcharakter tragen würden. Insofern ist dieses Vorgehen gerechtfertigt.

Besteht aufgrund ihrer Eigenschaften die Möglichkeit des Verlassens des Deponiekörpers (hohe Persistenz, kleiner K_{oc} -Wert, große Löslichkeit), so ist ein Deponiestandort zu wählen, dessen Verbindung zum Grund- oder Oberflächenwasser unterbrochen ist (Sickerwasserkreislaufführung).

Es ist unmöglich, die gesamte Palette der anfallenden Abprodukte zu berücksichtigen. Von der Vielzahl der möglichen STA seien hier wesentliche Gruppen vorgestellt. Die Pestizide sind deshalb in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, weil von ihnen die meisten für unsere Betrachtung notwendigen Daten vorhanden waren und weil die Beseitigung von pestizidhaltigen Rückständen unklar ist.

5.2. Pestizidhaltige Abprodukte

In der folgenden Tabelle 2 werden einige Beispiele aus der Gruppe der Pestizide aufgeführt, die aufgrund ihrer Löslichkeit im Wasser, des Abbauverhaltens und der Adsorbierbarkeit den entsprechenden technologischen Varianten der gemischten Schadstoffdeponien zuzuordnen sind.

Tabelle 2. Löslichkeit S und Sorbierbarkeit K_{oc} verschiedener Substanzen

Substanz	S	K_{oc}	Schrifttum
<i>Sehr persistente</i>			
a) chlorierte Kohlenwasserstoffe			
Lindan- γ	8,5	2627	[1]
- β	2,7	3619	[1]
DDT	0,0017	238000	[1]
Methoxychlor	0,120	80000	[1]
Pentachlorphenol	14,0	900	[1]
Hexachlorbenzene	0,035	3914	[1]
2,4,5,2'4'5'			
Hexachlorobiphenyl	0,00095	1200000	[1]
Chlordan	0,009	165337*	[2]
Heptachlor	0,056	53226*	[2]
b) Triazine			
Prometryn	48	808*	[3]
Metribuzin	1220	95	[1]
Simazin	5	3286*	[3]
Atrazin	33	1020*	[3]
c) Dioxine			
d) schwermetallionenhaltige Abfälle			

Substanz	S (ppm)	K_{0c}	Schrifttum
e) Teere			
<i>mäßig persistente</i>			
a) Phenylharnstoffe			
Diuron	42	400	[1]
Fenuron	3850	27	[1]
Linuron	75	820	[1]
b) Benzoesäuren			
Dicamba	7900 (Säure)	34*	[3]
	380000 (Na-Salz)	3*	[3]
Chloramben			
c) Bipyridyle			
Diquat	700000	2*	[3]
d) Nitrile			
Dichlobenil	18	235	[1]
e) Öle			
<i>gering persistente</i>			
a) Phenoxy-carbonsäuren			
2,4,5-T	278	272*	[3]
MCPA	825 (Säure)	139*	[3]
	270000 (Na-Salz)	4*	[3]
2,4-D	620 (Säure)	165*	[3]
	45000 (Na-Salz)	1*	[3]
Dichlorprop	3500 (Säure)	57*	[3]
	660000 (Na-Salz)	2*	[3]
b) Nitrile			
Bromoxynil	13	1817*	[3]
c) mehrfach chlorierte und nitrierte Phenylkörper			
Acylanilide			
Propachlor	580	265	[1]
Dinitroaniline			
Nitralin	0,6	960	[1]
Trifluralin	0,6	13700	[1]
d) ölhaltige Abfälle			
e) Farbbindemittel			
<i>nicht persistente</i>			
a) Dithiocarbamate			
Thiram	30	1082*	[3]
b) Benzimidazole			
Carbendazim	7 (pH 8)	2667*	[3]
c) Phthalimid-Derivate			
Captan	0,5	13697*	[3]
d) Dinitrophenole			
DNOC	130	436*	[3]
e) aliphatische Säuren			
Dalapon	502000	3*	[3]
f) Carbamate			
Carbaryl	40	230	[1]
Carbofuran	415	105	[1]
Propham	250	51	[1]

Substanz	S	K_{oc}	Schrifttum
g) Organische Phosphorsäureester			
Malathion	145		[3]
Parathion	24	4800	[1]
Phorat	50	3200	[1]
h) Thiocarbamate			
EPTC	365	240	[1]
Di-allat (Avadex)	14	1900	[1]
Tri-allate (Far-Go)	4	2200	[1]
2,4,6-Trichlorphenol	800	141*	[2]
Phenol	67000	9*	[2]
Toluoldiisozyanate			
i) cyanidhaltige Abfälle			
j) Gießereialtsande (nicht toxische Schwermetalle)			
[1]:	Griffin u. a. (1983)		
[2]:	Berkowitz u. a. (1982)		
[3]:	Grunewald u. a. (1979)		
S:	Löslichkeit [mg/l]		
K_{oc} :	Sorptionskonstante		
*	K_{oc} -Werte nach $\lg K_{oc} = 3,95 - 0,62 \lg S$ berechnet		

Wie von Berkowitz et al. (1982) gezeigt, nimmt im allgemeinen die Persistenz mit der Unlöslichkeit der Verbindung in Wasser zu. Die aufgeführten, sehr persistenten Verbindungen zeigen dementsprechend die geringste Wasserlöslichkeit. Problematisch ist in diesem Zusammenhang deren gute Fettlöslichkeit, so daß durch mitabgelagerte ölhaltige Abfälle eine verstärkte Migration, z. B. von chlorierten Kohlenwasserstoffen, erfolgen kann. Andererseits wirkt die große Sorptionsfähigkeit dieser Substanzen im wäßrigen System stark migrationshemmend (großer K_{oc} -Wert).

Hohe Persistenz und erhöhte Migrationsraten, bedingt durch eventuell mitabgelagerte lösungsmittel- und ölhaltige Abprodukte, machen eine Ablagerung von Abfällen, die solche und sich ähnlich verhaltende Stoffe enthalten, auf gemischten Schadstoffdeponien mit Sickerwasserkreislaufführung (Variante d) notwendig. Substanzgruppen, die den mäßig persistenten Verbindungen zuzuordnen sind, können bei entsprechender Dimensionierung des Deponiekörpers auf Deponien der Varianten b und c abgelagert werden. Die gering und nicht persistenten Substanzen können auf geordneten Deponien (Variante a) eingebaut werden. Problematisch ist diese Art der Betrachtung deshalb, weil die Abfallbeseitigung meist durch Mischsubstanzen kompliziert wird. Bedingt durch die Technologie des Einsatzes der Pestizide und deren Herstellungen haben wir es stets mit Gemischen dieser Substanzen zu tun.

So können in 2,4,5-T und in Aschen von Müllverbrennungsanlagen geringe Mengen chlorierter Dioxine und Dibenzofurane enthalten sein (Ballschmiter u. a. 1982, 1983), oder die Spülwässer bzw. Kalkschlämme der Abwasserbehandlungsanlagen der Pestizid-einsetzenden Betriebe enthalten eine Vielzahl von Wirkstoffen.

Ist eine Beseitigung dieser Abprodukte durch oberirdische Deponie nicht zu umgehen, dann richtet sich die Wahl der technologischen Variante der gemischten Schadstoffdeponie nach dem persistentesten und toxischsten Wirkstoff in der Abproduktenmischung.

5.3. Elektrolythaltige Abprodukte

Elektrolythaltige Abprodukte sind in der Regel durch hohe Salzgehalte gekennzeichnet.

Es gibt leicht abbaubare, wie CN^- , NO_3^- , NO_2^- -ionenhaltige, aber auch stofflich, unter den gegebenen Bedingungen, nicht umwandelbare, wie metallionenhaltige. Die Gruppe der elektrolythaltigen Abprodukte kann in toxische und nichttoxische unterteilt werden.

5.3.1. Toxische, elektrolythaltige Abprodukte

Zu diesen Abprodukten gehören u. a. CN^- - und schwermetallionenhaltige. CN^- -ionenhaltige Abprodukte sind chemischen und biochemischen Umwandlungen unterworfen. Sie sind nicht oder gering persistent (Ottow 1984).

Dagegen sind Metallionen unter Deponiebedingungen nicht umwandelbar, d. h., es erfolgt keine Entgiftung. Es können aber Wertigkeitswechsel eintreten und damit Toxizitätsänderungen [z. B. $\text{Cr (VI)} \rightarrow \text{Cr (III)}$]. Schwermetallionen gehen Gleichgewichtsreaktionen ein und unterliegen dadurch Mobilisierungs- und Immobilisierungsreaktionen.

Während erstere Gruppe auf gemischten Schadstoffdeponien der technologischen Varianten a oder b abgelagert werden können, sollte letztere auf Deponien der technologischen Variante c (Recycling) abgelagert werden.

5.3.2. Nichttoxische, elektrolythaltige Abprodukte

Es gibt Abprodukte, die aufgrund ihrer Löslichkeit problematisch sind, weil sie die chemischen Gleichgewichte im geologischen Untergrund wesentlich verändern.

In Tabelle 3 sind solche Abprodukte aufgelistet, wie NaCl und Säuren, die aufgrund ihrer Löslichkeit schnell das Grundwasser oder anstehende Oberflächengewässer verunreinigen können und sich nicht abbauen bzw., wie im Fall der Säuren, langsam neutralisiert werden.

Tabelle 3. Lösliche Schadstoffe

Abprodukt	Substanzen
Altsalze	NaCl , AlCl_3
alkalisch reagierende Abprodukte	NaOH , Ca(OH)_2 , KOH
sauer reagierende Abprodukte	H_2SO_4 , HNO_3 , HCl

Solche Abfälle sind in Abhängigkeit von ihren anfallenden Mengen und der Sorptions-, Ionenaustausch-, Fällungs- oder Neutralisationskapazität des anstehenden Deponiematerials auf den Deponien abzulagern. Es gilt dabei der Grundsatz, daß der Deponiekörper als geochemische Barriere für die STA wirkt und daß die Rotteprozesse im Deponiekörper analog zu der einer Kommunal Mülldeponie voll wirksam bleiben.

6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Ausführungen sollten zeigen, daß durch die Einführung von vier technologischen Varianten gemischter Schadstoffdeponien größere Sicherheit bei der Ablagerung und eine Erweiterung der Palette abzulagernder STA erreicht werden kann.

Damit ergeben sich zur bisherigen Bezeichnungsart der Standorttypen zusätzliche Bemerkungen zur Klassifizierung der gemischten Schadstoffdeponien. Tabelle 4 gibt die Symbolik dafür an.

Entsprechend der Toxizität, Löslichkeit und Sorbierbarkeit sind die Abprodukte auf den o. g. Varianten der gemischten Schadstoffdeponien abzulagern. Dabei ist so zu verfahren, daß die Abprodukte entsprechend ihrer Toxizität und ihrem Abbauverhalten abgelagert werden.

Tabelle 4. Nomenklatur von Deponien in Anlehnung an Mahrla u. a. (1980, 1982)

Standorttyp	Kategorie
(PA-A 1*)	PA-A 1/a oder b (oder c oder d)
PA-B 1	PA-B 1/a oder b (oder c oder d)
PA-C 1	PA-C 1/a oder b (oder c oder d)
(PA-A 2*)	PA-A 2/a oder b (oder c oder d)
PA-B 2	PA-B 2/a oder b oder c oder d
PA-C 2	PA-C 2/a oder b oder c oder d
PAN	potentiell anaerob
AIAN	arrob/anaerobe Mischform

- Ablagerung mit oder ohne Abdeckung (anaerober oder aerober Abbau),
- Ablagerung mit Einhaltung der optimalen Lebensbedingungen für die Zoo- und Phytozönosen in und auf den Deponien(Konzentrationsverhältnisse der STA, keine bzw. geringe Verdichtung usw.),
- Ablagerung nach vorhergehender Verfestigung der Abfälle mit zementierfähiger Braunkohlenfilterasche bzw. Zement oder Einbettung der Abprodukte in solchen Materialien auf der Deponie und nachfolgende Abdeckung mit Kommunalmüll,
- Ablagerung mit gleichzeitiger abiotischer Entgiftung oder Neutralisation durch Lenkung der Abfallströme.

Beispiele solcher Ablagerungen sind:

- CN^- -haltige Abfälle (ohne toxische Schwermetalle) können nach Einbettung in basischen Braunkohlenfilteraschen auf allen Standorttypen (Tab. 4) aller Varianten entsprechend dem Entgiftungspotential abgelagert werden. (Nach Ablagerung ist eine Abdeckung von ≥ 1 m mit Kommunalmüll notwendig (Tauchnitz u. a. 1985).
- PCB-haltige Abfälle sind (wenn keine andere Behandlung möglich ist) nur auf Standorttypen PA-B1 oder PA-C1 und PA-B2 oder PA-C2 mit der technologischen Variante d ablagerbar. (Eine Abdeckung von ≥ 1 m mit Kommunalmüll ist notwendig.)
- Toxische, schwermetallhaltige Abfälle können auf den Standorttypen PA-B1/C1 oder PA-B2/C2 der Varianten c und d abgelagert werden. Der Variante c ist wegen des Recycling der Vorzug zu geben. (Eine Abdeckung mit ≥ 1 m Kommunalmüll ist notwendig.)
- Ölhaltige Abfälle sind flächenhaft auf der Deponieoberfläche aller in Tabelle 4 genannten Standorttypen abzulagern. Es sind alle Varianten nutzbar. Mengen, die mehr als 10 % des abgelagerten Kommunalmülls ausmachen (Tauchnitz u. a. 1983 b) sind auf den Varianten b oder d zu verbringen. Eine den Abbauprozess hemmende Abdeckung und Ablagerung von anderen STA und Lagunenwirtschaft ist unzulässig (Tauchnitz u. a. 1983 a).
- Restbrühen aus den Agrochemischen Zentren, die Carbamate, wie Carbaryl, Benomyl, Protham und Chlorprotham, und Organophosphorverbindungen, wie Buminaphos, Trichlorfon, Dichlorvos, Butonat, Phosmet, Dimethoat und Bromophos, enthalten, die im alkalischen Milieu hydrolysieren, sind gemeinsam mit basischer Braunkohlenfilterasche ($\text{pH}(\text{KCl}) > 10$) abzulagern. Da Sonnenlicht diesen Abbau beschleunigt (s. auch Untersuchungsergebnisse von Partisch (1975), Dedek und Partisch (1976) und Dedek, Partisch u. a. 1978), sind solche Restbrühen flächenhaft auf o. g. Aschen auszubringen und nicht abzudecken.

Oben charakterisierte Restbrühenqualität kann nach der technologischen Variante a verregnet werden. Sollten Restbrühmengen anfallen, die das Rückhaltevermögen des Deponiekörpers für Wasser überschreiten oder persistente Verbindungen wie Triazine und chlorierte Kohlenwasserstoffe enthalten und damit einen Austritt der PSM er-

warten lassen, dann sind die technologischen Varianten b oder d in Anwendung zu bringen.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die gemischten Schadstoffdeponien werden auf der Grundlage ihrer Sickerwasserbehandlung in vier verschiedene technologische Varianten unterteilt.

Als Vorzugsvarianten für die gemischten Schadstoffdeponien erscheinen die technologischen Varianten mit Sickerwasserkreislaufführung.

Auf diesen Deponien können persistente, toxische Abfälle abgelagert werden. Nicht-persistente, toxische Abfälle sind auf gemischten Schadstoffdeponien der Varianten a und b ablagerbar. Um das Konzept der gemischten Schadstoffdeponien einzuhalten, sind nur solche Konzentrationen von schadstoffhaltigen und toxischen Abprodukten abzulagern, die das Entgiftungspotential des anstehenden Deponiematerials nicht überschreiten.

Im Zusammenhang mit der gemeinsamen Verkipfung von toxischen Abprodukten mit Kommunal Müll (im angelsächsischen Sprachgebrauch als „Codisposal“ bezeichnet) ist darauf hinzuweisen, daß dafür gegenwärtig gesetzliche Regelungen in unserer Republik fehlen.

S c h r i f t t u m

- Autorenkollektiv: Verfahrensdokumentation Geordnete Deponie. IfK Dresden 1979 (3 Bände).
- Ballschmider, K., und A. Nottrodt: Vorkommen und Emissionsminderung von polychlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen bei Verbrennungsvorgängen. Umweltbundesamt, Berlin 1982.
- Ballschmider, K., u. a.: Occurrence and Absence of Polychlorodibenzofurans and Polychlorodibenzodioxins in Fly Ash from Municipal Incinerators. *Chemosphere* 12 (1983) 585-594.
- Berkowitz, J., et al.: Potential Industrial Waste Candidates for Land Treatment Techniques. In: Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development. U. S. EPA Cincinnati, Ohio, Contract Nr. 68-03-2930, 1982.
- Dedek, W., und M. Partisch: Studien zum Rückstandsverhalten und Abbau von ³²P-markiertem Trakephon in Pflanzen. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 169 (1976) 399-402.
- Dedek, W., M. Partisch und R. Grahl: Metabolism of ³²P-Aminophon (Trakephon), a New Defoliant and Siccant in Plants. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 173 (1978) 70-81.
- Doedens, H., und K. Cord-Landwehr: Sickerwasserkreislaufführung auf Deponien - neue Erkenntnisse und betriebliche Varianten. *Müll und Abfall* 16 (1984) 68-71.
- Führ, F., E. Stuttgarten und B. Scheele: Methoden zur ökotoxikologischen Bewertung von Chemikalien. Bd. 2. Arbeitsgemeinschaft „Böden und Chemikalien“, Bericht 1979-1983. KFA Kernforschungsanlage Jülich GmbH. Projektträger für Umweltchemikalien Jül-Spez-224. Oktober 1983, ISSN 0343-7639.
- Führ, F., E. Stuttgarten und B. Scheele: Methoden zur ökotoxikologischen Bewertung von Chemikalien. Bd. 3. Terrestrische Systeme, Bericht 1979-1983. KFA Kernforschungsanlage Jülich GmbH. Projektträger für Umweltchemikalien Jül-Spez-274. September 1984, ISSN 0343-7639.
- Gilbert, P. A., und G. K. Watson: Biodegradability testing and its relevance to environmental acceptability. *Tenside Detergents* 14 (1977) 171-180.
- Griffin, R. A., et al.: Correlation of Compound Properties with Sorption Characteristics of Nonpolar Compounds by Soils and Sediments: Concepts and Limitations. In: Environment and Solid Wastes. Eds.: Francis, Ch. W. und S. I. Auerbach. Butterworths, Boston, London, Sydney, Wellington, Durban, Toronto 1983.
- Grunewald, A., u. a.: Hinweise für den Umgang mit chemischen Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PSM) und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse (MBP) der DDR-Produktion und Richtlinien für die Erste-Hilfeleistung bei Vergiftungen durch unsachgemäße Anwendung. 2. überarbeitete Aufl. Hrsg.: VEB Kombinat Agrochemie Piesteritz, Erzeugnisgruppenleitung PSM 1979.
- Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1960.

- Mahrla, W., R. Schnabel und J. Tauchnitz: Zur Begriffsbestimmung einiger Bezeichnungen bei Deponieproblemen. *Z. ges. Hyg.* **28** (1982) 87–90.
- Mahrla, W., J. Tauchnitz und H. Hennig: Die Untersuchung von Deponiestandorten unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von Auslaugungen in Deponiekörpern im bzw. mit dem Deponieuntergrund – ein methodischer Beitrag zum praktischen Grundwasserschutz. *Hercynia N. F.*, Leipzig **17** (1980) 462–472.
- Ottow, J. C. G.: Auswirkungen von Schadstoffbelastungen (Pestiziden, Schwermetallen) auf Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. *Landschaft und Stadt* **16** (3) (1984) 163–172.
- Partisch, M.: Untersuchungen zu Metabolismus und Blattpenetration von ³²P-markiertem 0,0-Di-n-butyl- (1-n-butylamino-cyclohexyl)-phosphonat (Trakephon). Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle 1975.
- Sechste DVO zum Landeskulturgesetz – Schadlose Beseitigung nichtnutzbarer Abprodukte. *GBI. I Nr. 27* (1983).
- Tabak, H. H., et al.: Biodegradability Studies for Predicting the Environmental Fate of Organic Priority Pollutants. In: *Proc. Symp. Association of Official Anal. Chemists. 94 th. Annual Meeting, October 21.–22., 1980. Washington, DC.*
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, R. Schnabel und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. Einfluß von Deponiestandorttypen auf die Redoxzustände von Deponiesickerwässern. *Z. angew. Geol.* **27** (1981) 574–582.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, G. Kiesel, H. Böhm, R. Schnabel, G. Just und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 16. Mitt.: Kohlenwasserstoffhaltige Abfälle. *Hercynia N. F.*, Leipzig **20** (1983 a) 129–147.
- Tauchnitz, J., u. a.: Die Kompostierung als Möglichkeit zur Schadstoffbeseitigung. *Z. ges. Hyg.* **29** (1983 b) 306–310.
- Tauchnitz, J., u. a.: Die gemischte Schadstoffdeponie – Methode zur Beseitigung schadstoffhaltiger und toxischer Abprodukte. *Z. ges. Hyg.* **30** (1984) 294–297.
- Tauchnitz J. G., W. Mahrla und G. Kiesel: Vorschläge zur Nomenklatur von Deponien und Bemerkungen zu Deponiebasisabdichtungen. *Z. ges. Hyg.* **31** (1985 a) 242–245.
- Tauchnitz, J., et al.: Die gemischte Schadstoffdeponie und Aspekte des Recycling. *Z. angew. Geol.* (1985 b) (im Druck).
- TGL 37 597 Fachbereichsstandard. Nutzbarmachung und schadlose Beseitigung von Abprodukten und Siedlungsabfällen. Oberirdische Deponie für toxische Abprodukte und andere Schadstoffe. Mai 1981.
- Verfügung Nr. 20/1983 vom 20. Nov. 1983 vom Ministerium für Bezirksgeleitete Industrie und Lebensmittelindustrie. Über schadlose Ablagerung von Siedlungsabfällen und industriellen Abprodukten mit geringem Schadstoffgehalt in Anlagen der örtlichen Versorgungswirtschaft.

Dr. sc. nat. Joachim G. Tauchnitz
Dr. rer. nat. Michael Partisch
Dipl.-Biol. Günter Kiesel
Dipl.-Chem. Carolus Spreer
Rat des Bezirkes Leipzig,
Bezirks-Hygieneinspektion und -institut
Abteilung Wasser- und Bodenhygiene
DDR – 7010 Leipzig
Beethovenstraße 25

Dr. rer. sylv. Peter Czerney
Institut für Kommunalwirtschaft Dresden
DDR – 8030 Dresden
Scharffenbergstraße 150

Dipl.-Geol. Wilfried Mahrla
Rat des Bezirkes Leipzig, Abteilung Geologie
DDR – 7030 Leipzig
Karl-Liebknecht-Straße 145