

Aus dem Rat des Bezirkes Leipzig, Bezirkshygieneinspektion und Hygieneinstitut (Ärztlicher Direktor und Bezirkshygieniker OMR Dr. sc. med. H.-J. Furter) der Abteilung Geologie (Leiter: Dr. D. Händel) dem Institut für Kommunalwirtschaft Dresden (Leiter: Dr. B. Metzner) und der Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Chemie (Sektionsdirektor: Prof. Dr. sc. nat. E. Butter)

## **Mitbeseitigung von chromathaltigen Abfällen auf einer Kommunalmülldeponie und deren Auswirkungen auf die Umwelt**

Von J. Tauchnitz, G. Kiesel, P. Czerney, M. Hanrieder, W. Mahrla und H. Hennig  
Mit 5 Abbildungen und 3 Tabellen  
(Eingegangen am 10. Februar 1984)

### Einleitung

In zahlreichen Betrieben der Metallbehandlung fallen schwermetallhaltige und insbesondere auch chromathaltige Schlämme an. Dabei stellt die Rückgewinnung das anzustrebende volkswirtschaftliche Ziel dar. Zur Zeit werden aber infolge mangelnder Aufbereitungskapazität noch große Teile auf verschiedenartige Weise beseitigt, wobei die oberirdische Deponie die verbreitetste Form darstellt.

Die Beseitigung von chromathaltigen Abfällen durch oberirdische Deponie führt auf Grund der hohen Beweglichkeit der  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen im geologischen Untergrund zur Gefährdung der Grundwässer (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1983, 1981). Darüber hinaus können bestimmte  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionenkonzentrationen die biotische Regeneration der Deponieoberflächen und die Rottevorgänge hemmen (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1983, Tauchnitz, Schnabel u. a. 1981, Tauchnitz, Kiesel u. a. 1983).

In vorliegender Arbeit soll daher auf einer Kommunalmülldeponie überprüft werden, inwieweit abgelagerte  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen im Kommunalmüll migrationsfähig sind und die natürliche Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen beeinflussen.

### Experimenteller Teil

#### Versuchsbeschreibung

Es wurden 100 kg  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  auf 6 m<sup>2</sup> einer etwa 4 m mächtigen, dränierten Müllfläche von etwa 400 m<sup>2</sup> aufgebracht (Abb. 1). Das  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  wurde gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt. Der Versuch wurde nach 485 Tagen beendet. Im Versuchszeitraum fielen 703 mm/m<sup>2</sup> Niederschläge. Die angefallene Sickerwassermenge hat etwa 1,5 l/m<sup>2</sup> · d betragen.

Der Einfluß der  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen auf die natürliche Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen wurde an 7 Dauerquadraten (1 m<sup>2</sup> großen Flächen) für einen Zeitraum von 2 Vegetationsperioden beobachtet. Diese wurden, wie es Tab. 1 zu entnehmen ist, mit Cr (VI) in Form von  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  belastet.

#### Versuchsbedingungen

##### Material

Der eingebaute aschereiche Müll bestand aus Ofenheizungsmüll und ausgewählten industriellen Abprodukten.



Abb. 1. Lageskizze der Versuchsdeponie

Tabelle 1. Chromgehalte der Dauerquadrate (mg/kg Trockenmasse)

Fläche	Cr(III)*	Cr(VI)*	Cr(VI) <sup>t=0</sup>
I	97,8	n.n.	0
a	1087	54,3	1043,5
b	3261	141,3	3304,5
c	3978	186,9	4067,1
d	5070	445,6	5417,8
e	6578	891,3	7371,5
f	1 4130	996,5	1 5028,7

\* Chrom (III)- bzw. Chrom (VI)-Gehalt nach 576 d.

Cr(VI)<sup>t=0</sup> : Chromgehalt zu Beginn des Versuches.

Zwei Jahre nach Ablagerungszeit zeigt dieser „Kommunalmüll“ die in Tab. 2 aufgeführten Eigenschaften, Das sehr große C/N-Verhältnis weist auf einen hohen Anteil anorganischer Substrate im Abfallkörper hin. Da C<sub>t</sub> nachchemisch ermittelt worden ist, können diese Werte allerdings durch alle reduzierend wirkenden Stoffe höhere C<sub>t</sub>-Werte vortäuschen. Damit wäre auch die Diskrepanz zwischen dem Glühverlust und dem C<sub>t</sub> erklärbar. Im Versuchszeitraum konnten im Sickerwasser die in Tab. 3 aufgeführten Inhaltsstoffe nachgewiesen werden.

### Methoden

Die Probennahme erfolgte nach TGL 11456. Die Proben wurden bei 105 °C getrocknet und gesiebt. Die Fraktionen ≤ 1 mm gelangten zur CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Bestimmung. Der Sulfidgehalt wurde an den frischen, nicht getrockneten Proben nach Verdrängung des Schwefelwasserstoffes aus der festen Phase und Absorption in alkalischer Lösung analy-

Tabelle 2. Charakteristik der abgelagerten Abfälle<sup>1</sup> – Schurf im Versuchsfeld

Tiefe [cm]	GV	N <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>
0 – 10	8,8	0,28	24,0
20 – 30	—	0,19	23,3
– 40	30,1	0,18	24,0
– 50	—	0,18	19,5
– 60	—	0,24	27,0
– 70	12,9	0,16	13,5
– 80	—	0,14	15,0
– 90	—	0,11	9,0
– 100	18,9	0,20	32,3
– 120	—	0,19	24,8
– 130	26,0	0,10	16,5
– 140	—	0,25	31,5
– 150	—	0,21	27,8
– 160	12,9	0,21	29,3
– 170	—	0,16	27,0
– 180	—	0,17	19,5

<sup>1</sup> Alle Angaben in [%] Trockenmasse

GV: Glühverlust der Trockenmasse

C<sub>t</sub>: Gesamtkohlenstoffgehalt der Trockenmasse

N<sub>t</sub>: Gesamtstickstoffgehalt der Trockenmasse

Tabelle 3. Ausgewählte Sickerwasserinhaltsstoffe

	$\bar{x}$	Max.	Min.	n
pH	7,6	8,1	7,5	15
Eh [mV]	232	+413	-229	15
$\kappa$ [mS · cm <sup>-1</sup> ]	7,6	10,4	2,2	15
S <sup>2-</sup> [mg/l]	12,8	192	n. n.	15
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	1119,2	1670	681	10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	39	145	10	11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	3,7	14,4	n. n.	10
NH <sub>3</sub> [mg/l]	306	850	3,8	8

siert (Müller, Meinecke u. a. 1981); parallel dazu erfolgte die gravimetrische Wassergehaltsbestimmung.

Die pH-Wertbestimmung der Proben erfolgte mit einer Glaselektrode in 0,1 N KCl-Lösung (Ansatzverhältnis 1 : 2,5). Die C<sub>t</sub>- und N<sub>t</sub>-Werte wurden von der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Bereich ACUB Jena, angefertigt.

Der Glühverlust wurde bei 650 °C ermittelt.

Aus der o. g. Fraktion wurden die CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Ionen mit 0,01 N NaOH extrahiert und mit 1,5-Diphenylcarbazid (Fries und Getrost 1977) bestimmt.

Der Cr(III)-Gehalt wurde nach Königswasseraufschluß atomabsorptionsspektroskopisch ermittelt. Die Pflanzenaufnahmen zur Auswertung der Dauerquadratuntersuchungen erfolgten nach Rothmalter (1976).

## Ergebnisse

Migration der  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen im Deponiekörper

Das zusammengefaßte Ergebnis der  $\text{Cr(VI)}$ -,  $\text{S}^{--}$ - und  $\text{pH}$ -Bestimmungen von drei Schürfen und einer Bohrung ist in Abb. 2 enthalten.  $\text{Cr(VI)}$ -Ionen waren nach 485 Tagen bis in eine Tiefe von maximal 180 cm in den Deponiekörper eingedrungen. Dabei fielen die  $\text{Cr(VI)}$ -Gehalte mit zunehmender Schichttiefe auf  $\leq 0,05$  ppm ab.

In größeren Tiefen war  $\text{Cr(VI)}$  mit  $< 0,05$  mg/kg nicht mehr nachweisbar.

Im Verlauf von 485 Tagen konnten im Sickerwasser keine  $\text{CrO}_4^{--}$ - bzw. erhöhte  $\text{Cr}^{3+}$ -Ionenkonzentration nachgewiesen werden.

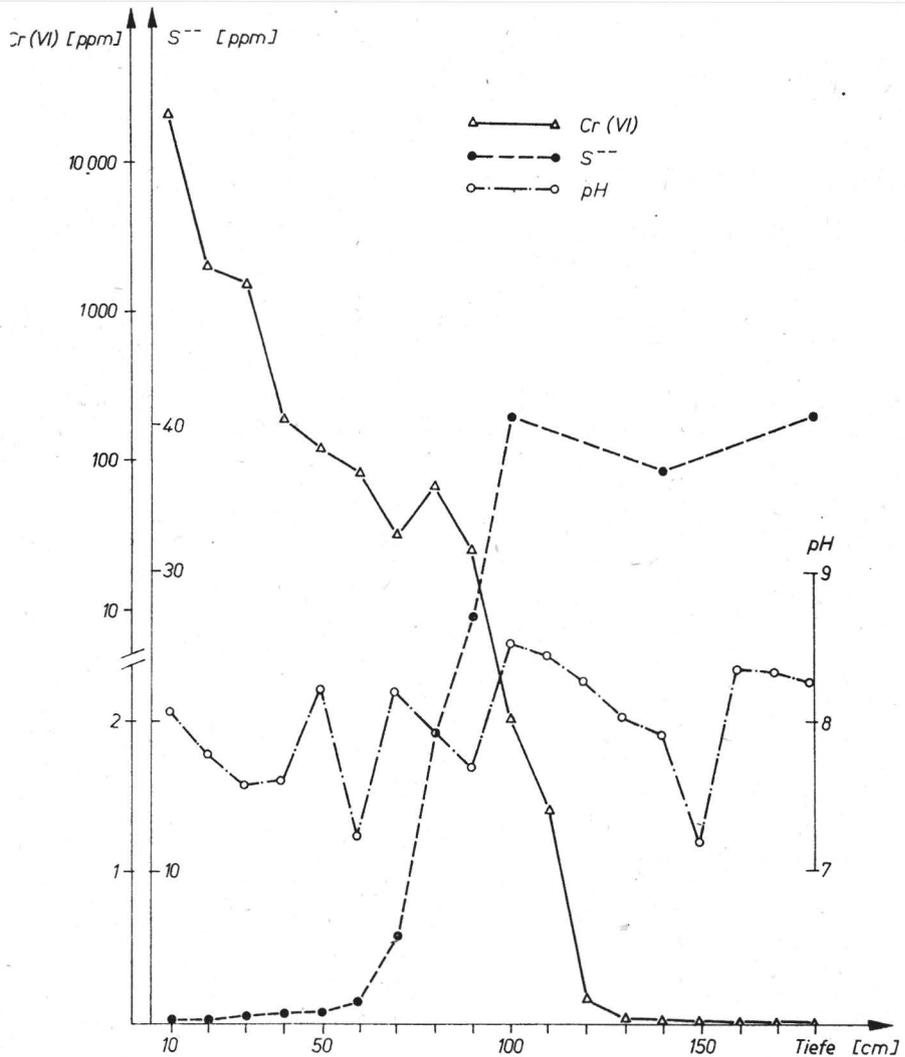
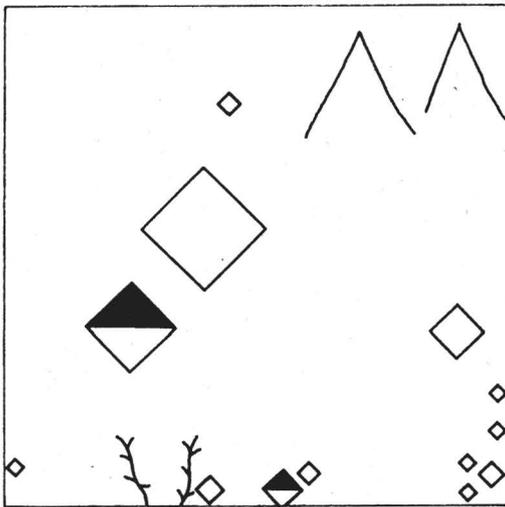


Abb. 2. Eindringtiefe der  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen in den Müllkörper; mit Angabe der  $\text{pH}$ -Verhältnisse und des Sulfidstatus

### Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen

Die sechs 1 m<sup>2</sup> großen Flächen wurden, wie in Tab. 1 angegeben, mit CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> als K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> belastet. Nach 576 Tagen konnten auf den Flächen noch die in Tab. 1 aufgeführten Cr(VI)-Konzentrationen nachgewiesen werden. Ein Teil der eingesetzten Cr(VI)-Ionen wurde zu Cr(III) reduziert. In den weiteren Ausführungen wird nur noch der bei Abbruch des Versuches vorgefundene Cr(VI)-Gehalt diskutiert, da Cr(III) die Besiedlung der Flächen unwesentlich bzw. nicht beeinflusst (Tauchnitz, Schnabel u. a. 1981). Die Besiedlung der Flächen mit Pflanzen wurde über zwei Vegetationsperioden beobachtet.

Die Dauerquadratuntersuchungen zeigten, daß lediglich die Fläche mit der geringsten aktuellen CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Konzentration in der ersten Vegetationsperiode mit einer Gesamtdeckung von 30 % besiedelt wurde (Abb. 3). Hauptbestandsbildner waren *Chenopodium album* und *Plantago major*.



- ◇ *Chenopodium album*; ◆ *Chenopodium fizeifolium*; ◆ *Chenopodium rubrum*;  
 ◆ *Chenopodium glaucum*; ^ *Plantago major*; ✕ *Polygonum avicularis*; ○ *Poa annua*  
 ○ *Matricaria maritima*; ● *Agrostis stolonifera*; ◇ *Rumex crispus*; † *Erigeron acris*;  
 ‡ *Holcus lanatus*; ✕ *Capsella bursa pastoris*; ● *Epilobium adnatum*; ● *Senecio vulgaris*;  
 † *Senecio vernalis*; ▽ *Dactylis glomerata*; ▭ *Spergula arvensis*; ✕ *Tussilago farfara*;  
 ▲ *Artemisia vulgaris*; ● *Sisymbrium loeselii*; ● *Atriplex patula*; ● *Atriplex hastata*

Abb. 3. Besiedlungszustand der am geringsten mit CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-belasteten Fläche nach einer Vegetationsperiode (s. Legende zu Abb. 4)

In der nachfolgenden Vegetationsperiode nahm die pflanzliche Besiedlung sprunghaft zu. Die Gesamtdeckung erhöhte sich auf etwa 80 % (Abb. 4). Höchste Deckungswerte erreichten *Plantago major*, *Poa annua* und *Capsella bursa pastoris*. Die Artenzahl stieg von 4 auf 12 (Abb. 4 und 5). Alle anderen Flächen zeigten eine initiale pflanzliche Besiedlung in der zweiten Vegetationsperiode, wobei eine deutliche Verringerung der Deckungswerte und Artenzahlen mit zunehmender Konzentration zu verzeichnen ist.

Aus Abb. 5 geht der Verlauf der genannten Parameter hervor.

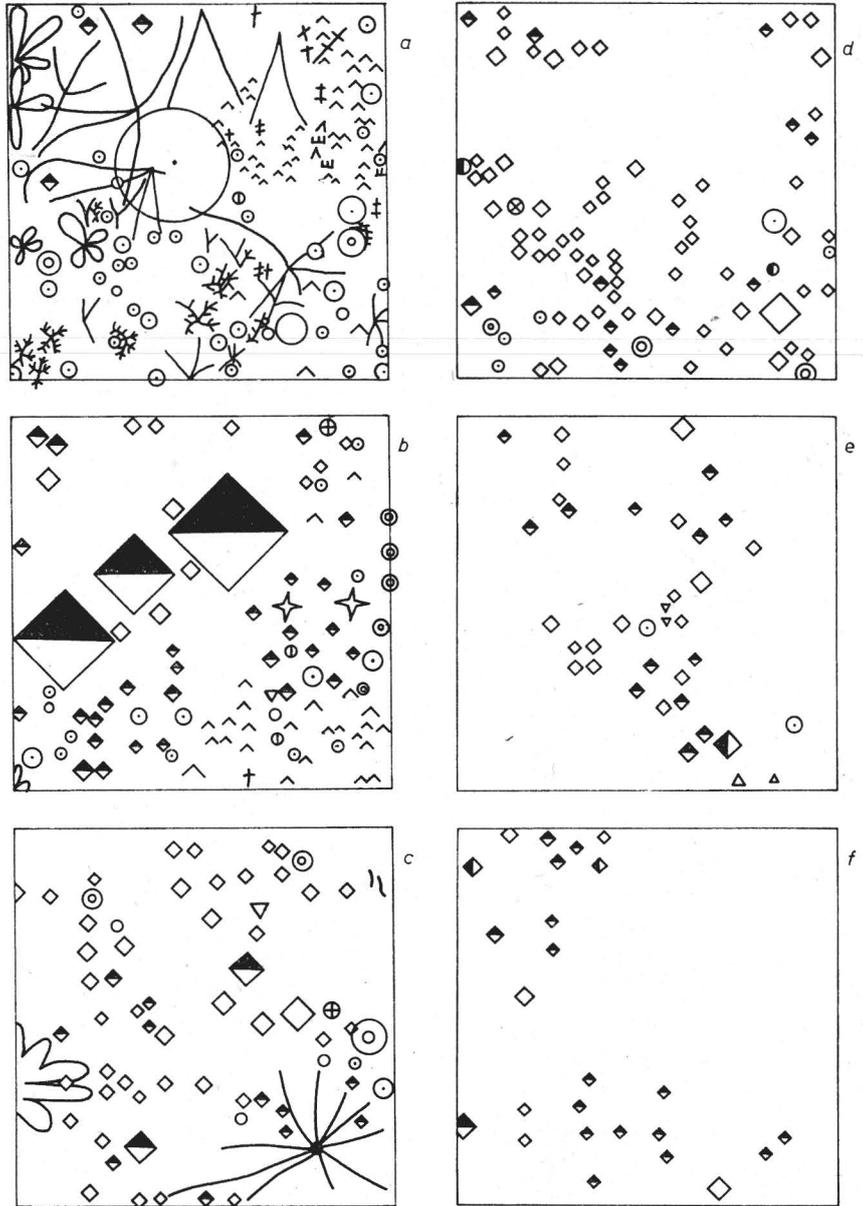


Abb. 4. Besiedlungszustand der mit  $\text{CrO}_4^{--}$ -belasteten Flächen nach zwei Vegetationsperioden. Die Konzentrationsverhältnisse der  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen sind Tab. 1 zu entnehmen (Symbolerklärung s. Abb. 3)

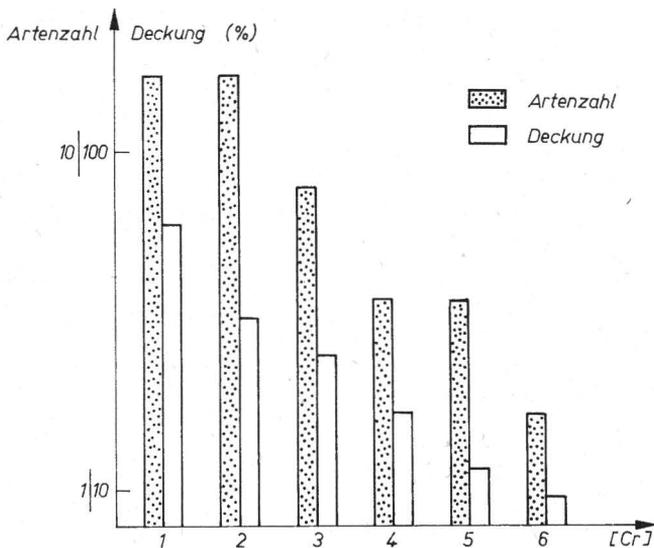


Abb. 5. Deckungsgrad und Artenzahl Cr-belasteter Flächen in der zweiten Vegetationsperiode (Flächenbezeichnung: 1 = a, 2 = b, 3 = c, 4 = d, 5 = e, 6 = f)

### Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Die gezeigten Ergebnisse des Freilandversuches bestätigen die von uns durchgeführten Laborversuche (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1983, Tauchnitz, Kiesel u. a. 1983). Die  $\text{CrO}_4^{--}$ -Ionen werden durch das weitgehend anaerobe Milieu des Deponiekörpers (siehe Sulfidbildung in größeren Tiefen – Abb. 2) zu  $\text{Cr}^{3+}$ -Ionen reduziert. Die  $\text{Cr}^{3+}$ -Ionen fallen als Hydroxide bzw. Oxidhydrate in dem neutralen bis schwach alkalischen Milieu aus oder bilden schwer lösliche Komplexverbindungen mit den organischen Substraten des Deponiekörpers. Demzufolge sind im Sickerwasser weder Cr(VI) noch erhöhte Cr(III)-Ionenkonzentration nachweisbar.

Nach der Bestätigung unserer Laborversuche durch diese Felduntersuchungen kann berechtigterweise geschlußfolgert werden, daß chromationenhaltige Abfälle auf Kommunal Mülldeponien unter Einhaltung bestimmter Bedingungen mit abgelagert werden können. Eine Gefährdung der Grundwässer bzw. eine Migration mit dem Sickerwasser und damit ein Ausbreiten außerhalb der Deponie ist ausgeschlossen.

Das Konzept der „gemischten Schadstoffdeponie“ (Tauchnitz, Böhm u. a. 1979) geht davon aus, daß Schadstoffe und toxische Abprodukte den Deponiestandort nicht verlassen. Dazu müssen aber auf der Deponieoberfläche unbedingt solche Schadstoffkonzentrationen eingehalten werden, die eine natürliche Regeneration (Tauchnitz, Schnabel u. a. 1978, Tauchnitz, Kiesel u. a. 1984) der Deponieoberfläche gewährleisten.

Auf Grund der von uns vorgeschlagenen Kriterien zur gemischten Schadstoffdeponie (Tauchnitz, Böhm u. a. 1979, Tauchnitz, Schnabel u. a. 1978, Tauchnitz, Kiesel u. a. 1983) und den vorliegenden Versuchsergebnissen ist einzuschätzen, daß bei Ablagerung Cr(VI)-haltiger Abprodukte Konzentrationen bis zu 150 ppm Cr(VI) im Kommunal Müllgemisch zulässig sind, ohne daß dadurch eine relativ schnelle pflanzliche Besiedlung und weitere Sukzessionen der kontaminierten Flächen verhindert werden.

Bei höheren Konzentrationen ist die Besiedlungszeit dagegen derartig groß, daß die Verhältnisse dann dem Deponietyp einer „reinen Schadstoffdeponie“ entsprechen (Tauchnitz, Böhm u. a. 1979, Tauchnitz, Kiesel u. a. 1984).

Der Deckungsgrad ist bei Cr(VI)-Konzentrationen  $> 150$  ppm im Kommunal Müll  $< 50$  % (Abb. 4, 5).

Berücksichtigt werden muß, daß die Gesamtlast an Cr(VI) auf den einzelnen Flächen zu Beginn des Versuches größer war (Tab. 1). Im Versuchszeitraum wurde ein Teil der Cr(VI) zu Cr(III) reduziert.

Insgesamt läßt sich einschätzen, daß die Ablagerung von Cr(VI)-Verbindungen auf Kommunal Mülldeponien durch zwei Grenzwerte determiniert ist. Der Abbauprozess im Deponiekörper wird von Cr(VI)-Konzentrationen  $\geq 4000$  ppm (Tauchnitz, Kiesel u. a. 1983) und die biotische Regeneration (Tauchnitz, Kiesel u. a. 1984) der bei Wiedernutzbarmachungmaßnahmen wichtigen Deponieoberfläche („letzte Schicht“) durch sekundäre Pflanzensukzessionen durch Werte von  $\geq 150$  ppm Cr(VI) gestört.

Diese Konzentrationen sollten bei einer gemischten Schadstoffdeponie im allgemeinen nicht überschritten werden, obwohl, wie wir gesehen haben, „punktförmige“ Hochlasten z. T. unvermeidbar sind und bei entsprechend dimensionierten Deponiekörpern möglich erscheinen.

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

In vorliegender Arbeit werden die Ergebnisse eines Großversuches zur Problematik der gemischten Schadstoffdeponie chromathaltiger Abfälle dargestellt. Auf Grund von Laborversuchen und Geländeuntersuchungen werden für die Ablagerung chromathaltiger Abfälle auf gemischten Schadstoffdeponien zwei Grenzwerte angegeben. Die Beseitigung chromathaltiger Abfälle auf Kommunal Mülldeponien ist nach vorliegenden Versuchsergebnissen grundsätzlich möglich.

### S c h r i f t t u m

- Fries, J., und H. Getrost: Organische Reagenzien für die Spurenanalyse. E. Merck, Darmstadt 1977.
- Müller, H., A. Meinecke u. a.: Sulfidanalytik in umweltrelevanten Materialien – Beiträge zur Eichung und Bestimmung. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 30 (1981) 92–98.
- Rothmaler, W.: Exkursionsflora. Kritischer Band. Berlin 1976.
- TGL 11456: DDR-Standard, Ausg. Februar 1963, Baugrunduntersuchungen, Bohr- und Schürfarbeiten – Probenahme. Verbindlich ab 1. 10. 1963.
- Tauchnitz, J., R. Schnabel u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Untersuchung über die Kultivierungsmöglichkeit von Deponien industrieller Abprodukte. Hercynia N. F., Leipzig 15 (1978) 58–65.
- Tauchnitz, J., H. Böhm u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Abgrenzung reiner Schadstoffdeponien von gemischten Schadstoffdeponien. Hercynia N. F., Leipzig 16 (1979) 81–93.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Cyanid- und Chromationen als Auslaugungen (sogenannter) reiner Schadstoffdeponien und ihre Wechselwirkungen mit dem Deponieuntergrund. Z. angew. Geol. 27 (1981) 539–543.
- Tauchnitz, J., R. Schnabel u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Beitrag zur Kultivierung Cr-verseuchter Böden. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 30 (1981) 76–81.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Kohlenwasserstoffhaltige Abprodukte. Hercynia N. F., Leipzig 20 (1983) 38–61.

Tauchnitz, J., G. Kiesel u. a.: Die Kompostierung als Möglichkeit zur Schadstoffbeseitigung.  
Z. ges. Hyg. **29** (1983) 306–309.

Tauchnitz, J., G. Kiesel u. a.: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte – Die Vegetationsentwicklung auf verschiedenen Deponiestandorten und ihre ökologische Bewertung. Z. Peterm. Geogr. Mitt. 1984 (im Druck).

Dr. sc. nat. Joachim Tauchnitz  
Dipl.-Biol. Günter Kiesel  
Dr. rer. nat. Michael Hanrieder  
Bezirkshygieneinspektion und Hygieneinstitut  
Fachgebiet Bodenhygiene  
7010 Leipzig  
Beethovenstraße 25

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

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

Prof. Dr. sc. nat. Horst Hennig  
Karl-Marx-Universität Leipzig  
Sektion Chemie  
7010 Leipzig  
Liebigstraße 18

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Tauchnitz Joachim, Kiesel Günter, Hanrieder M., Mahrla W., Hennig Horst, Czerney Peter

Artikel/Article: [Mitbeseitigung von chromathaltigen Abfällen auf einer Kommunal Mülldeponie und deren Auswirkungen auf die Umwelt 335-343](#)