

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 CrO_4^{--} -Ionen im geologischen Untergrund zur Gefährdung der Grundwässer (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1983, 1981). Darüber hinaus können bestimmte 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 CrO_4^{--} -Ionen im Kommunal Müll 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 m² einer etwa 4 m mächtigen, dränierten Müllfläche von etwa 400 m² 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/m² Niederschläge. Die angefallene Sickerwassermenge hat etwa 1,5 l/m² · d betragen.

Der Einfluß der CrO_4^{--} -Ionen auf die natürliche Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen wurde an 7 Dauerquadraten (1 m² 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) ^{t=0}
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)^{t=0} : 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_t nachchemisch ermittelt worden ist, können diese Werte allerdings durch alle reduzierend wirkenden Stoffe höhere C_t-Werte vortäuschen. Damit wäre auch die Diskrepanz zwischen dem Glühverlust und dem C_t 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 CrO₄²⁻-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 Abfälle¹ – Schurf im Versuchsfeld

Tiefe [cm]	GV	N _t	C _t
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

¹ Alle Angaben in [%] Trockenmasse

GV: Glühverlust der Trockenmasse

C_t: Gesamtkohlenstoffgehalt der Trockenmasse

N_t: 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
κ [mS · cm ⁻¹]	7,6	10,4	2,2	15
S ²⁻ [mg/l]	12,8	192	n. n.	15
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	1119,2	1670	681	10
NO ₃ ⁻ [mg/l]	39	145	10	11
NO ₂ ⁻ [mg/l]	3,7	14,4	n. n.	10
NH ₃ [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_t- und N_t-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 CrO₄²⁻-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 Rothmaler (1976).

Ergebnisse

Migration der CrO_4^{--} -Ionen im Deponiekörper

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

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

Im Verlauf von 485 Tagen konnten im Sickerwasser keine CrO_4^{--} - bzw. erhöhte Cr^{3+} -Ionenkonzentration nachgewiesen werden.

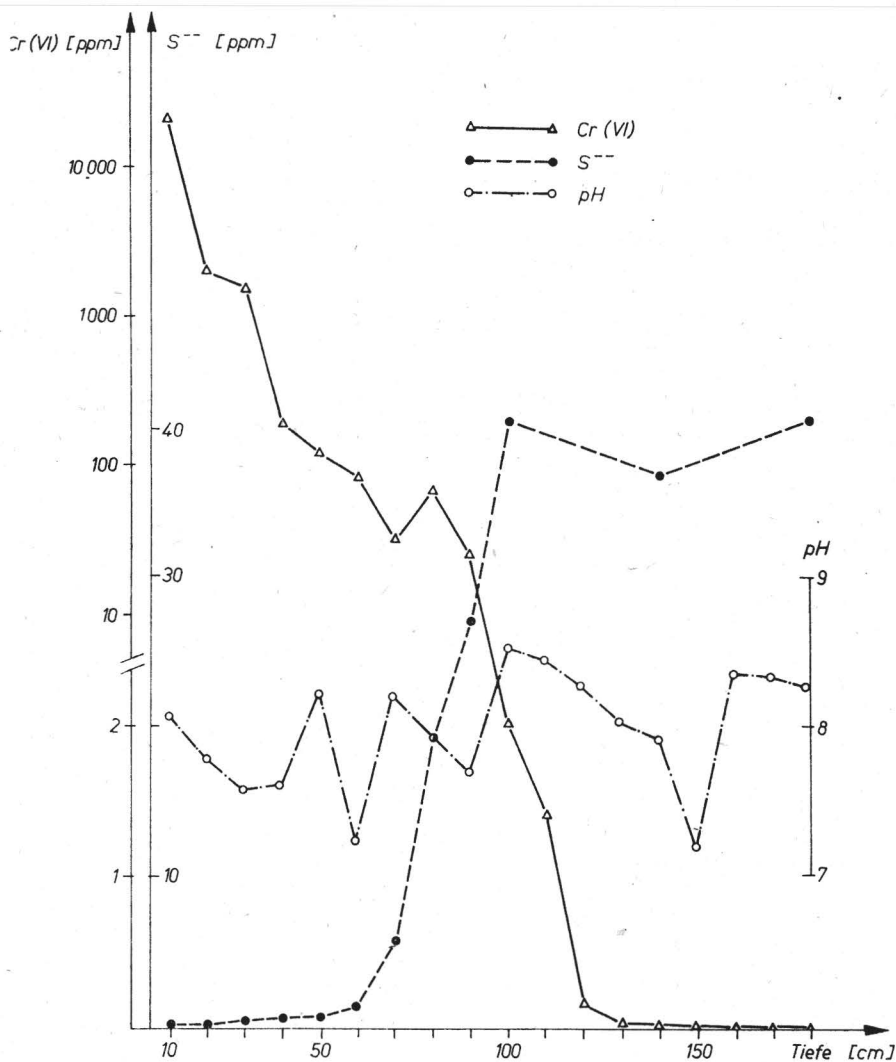


Abb. 2. Eindringtiefe der CrO_4^{--} -Ionen in den Müllkörper; mit Angabe der pH -Verhältnisse und des Sulfidstatus

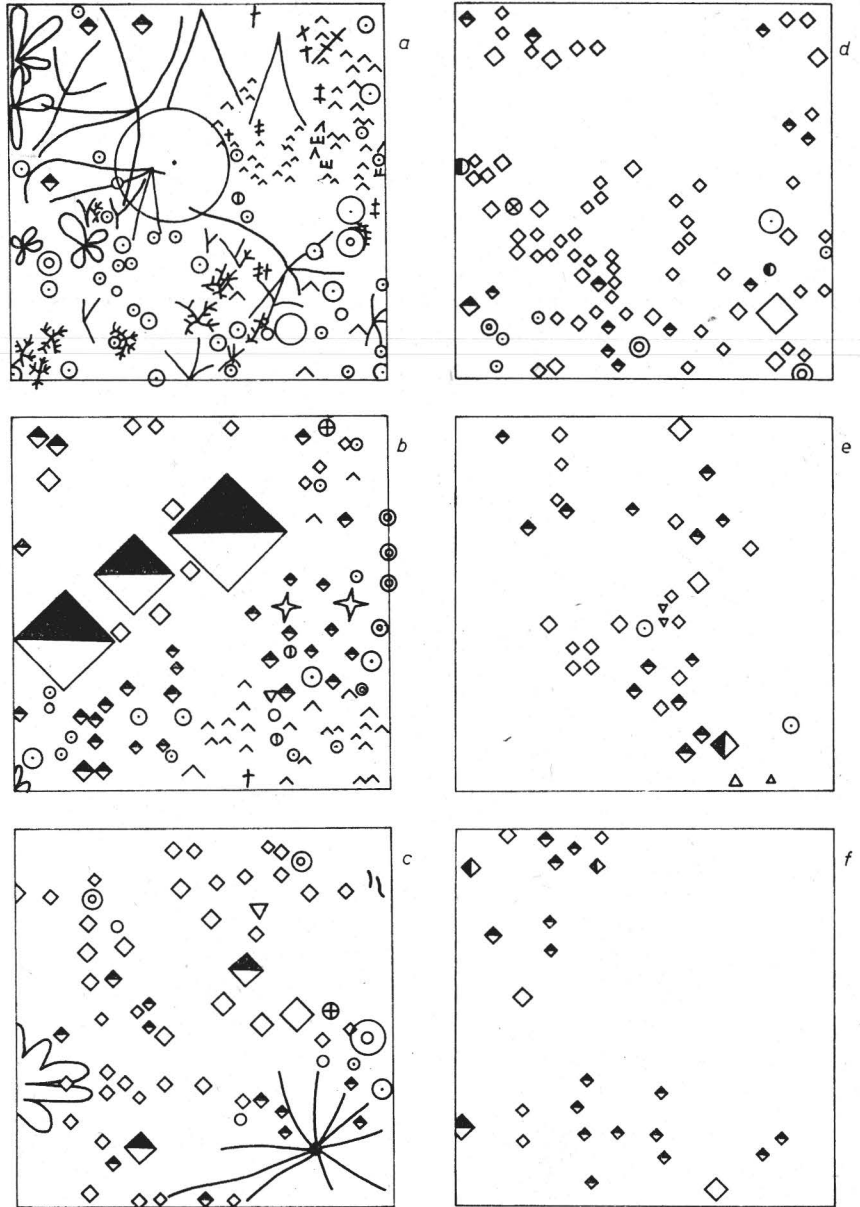


Abb. 4. Besiedlungszustand der mit CrO_4^{--} -belasteten Flächen nach zwei Vegetationsperioden. Die Konzentrationsverhältnisse der CrO_4^{--} -Ionen sind Tab. 1 zu entnehmen (Symbolerklärung s. Abb. 3)

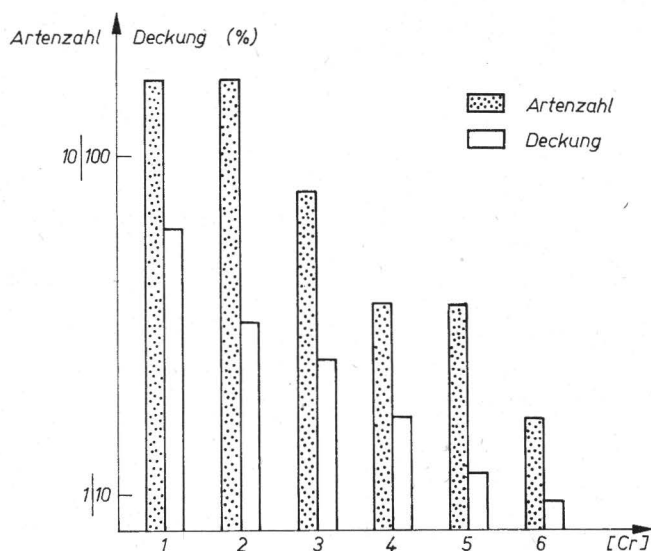


Abb. 5. Deckungsgrad und Artenzahl Cr-belasteter Flächen in der zweiten Vegetationsperiode (Flächenbezeichnung: 1 = a, 2 = b, 3 = c, 4 = d, 5 = e, 6 = f)

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 CrO_4^{2-} -Ionen werden durch das weitgehend anaerobe Milieu des Deponiekörpers (siehe Sulfidbildung in größeren Tiefen – Abb. 2) zu Cr^{3+} -Ionen reduziert. Die 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 ≥ 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 ≥ 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