

Aus dem Rat des Bezirkes Leipzig,
Bezirkshygieneinspektion und Hygieneinstitut Leipzig
(Ärztlicher Direktor und Bezirkshygieniker OMR Prof. Dr. sc. med. H.-J. Furter)
und der Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Chemie
(Sektionsdirektor: Prof. Dr. sc. nat. E. Butter)

Unterteilung von Deponiestandorten in reine und gemischte Schadstoffdeponien mit Hilfe der Sauerstoffzehrung von Substraten der Deponieoberflächen

Von J. Tauchnitz, G. Kiesel, H. Grohmann und R. Mahrwald

Mit 3 Tabellen

(Eingegangen am 10. Februar 1984)

1. Einleitung

Die Deponiestandorte wurden aufgrund ihrer Erscheinungen und Auswirkungen auf die Umgebung in reine und gemischte Schadstoff- und in Kommunal Mülldeponien unterteilt (Tauchnitz, Böhm u. a. 1979). Kriterien für die Unterteilung waren:

- die stoffliche Zusammensetzung der Deponiekörper (Tauchnitz, Böhm u. a. 1979)
- die Sickerwasserqualität im allgemeinen und Eh- und pH-Werte der Sickerwässer im besonderen (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1981) und
- der Besiedlungszeitraum der Deponieoberfläche mit Pflanzen (Tauchnitz, Kiesel u. a. 1984).

In unseren bisherigen Arbeiten wurde auf die Bedeutung und Voraussetzung der mikrobiellen Prozesse für das Konzept der gemischten Schadstoffdeponie mehrfach hingewiesen.

Mit der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, inwieweit die bisherigen Ausführungen zu unserem Konzept der gemischten Schadstoffdeponien mit der mikrobiologischen Aktivität auf Deponiestandorten in Einklang stehen. Als Kriterium der mikrobiologischen Aktivität in den Deponiesubstraten wird die Sauerstoffzehrung herangezogen.

Sie ist Ausdruck der Stoffwechsellätigkeit aerober Mikroorganismen.

2. Material und Methoden

Es wurden Substratproben der Deponiestandorte H1, Wd, Kn, Pn-Öl und Pn-Asche untersucht (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1981). Diese Deponien wurden bereits als Kommunal Mülldeponien (KMD), gemischte Schadstoffdeponien (gSD) und reine Schadstoffdeponien (rSD) charakterisiert (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1981). Darüber hinaus wurde der Versuch unternommen, eine Aschedeponie in das bestehende System einzuordnen. Alle Proben wurden der Deponieoberfläche (0-10 cm) entnommen.

Die Probenahmeorte auf den einzelnen Deponien (Tab. 1) wurden nach dem Besiedlungsgrad mit Pflanzen ausgewählt. Die in diesem Zusammenhang beprobten vegetationslosen, chemisch aktiven Stellen sind Mikrostandorte, an denen verstärkt chemische Reaktionen stattfinden. Das äußert sich in Gasaustritten (H_2S , NH_3), einem Emporheben der oberen Deponieschichten und verstärkter Wärmefreisetzung (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1982).

Tabelle 1. Deponie und Probenahmestandort

| Deponie | Vegetation | Substrate | | Alter [a] |
|---------|------------|-------------------|----------|-----------|
| Hl 1 | vl | KM | h | 5 |
| Hl 2 | v | KM | h | 5 |
| Wd | v | BA+BS+IAp » KM | GS | 4-7 |
| Wd | v | | | |
| Wd | v, P | | | |
| Wd | v, P, g | | | |
| Wd | v (M) | | | |
| Sp | vl | KM, BS, BA AS | ca | 1 |
| Sp | v | | | 0,5 |
| Sp | v | | | 2 |
| Kn | vl | gSD → rSD | neben ca | 6 |
| Kn | v, i | | | |
| Kn | v, i | ih | caa | } |
| Kn | vl | | ca | |
| Kn | vl | | ca | |
| Pn | vl | Öl | h | } > 30 |
| Pn | v | | h | |
| Pn-A | vl | Asche | h | 8 |
| Pn-A | v | Asche | h | 8 |

| | |
|--|---|
| vl: vegetationslos | h: homogen |
| v: Vegetation vorhanden | ih: inhomogen |
| KM: Kommunalmüll | GS: Gießereialtsand |
| BA: Bodenaushub | P: Plateaufläche |
| BS: Bauschutt | g: gestört |
| IAp: industrielle Abprodukte | M: Moosvegetation |
| AS: Altsalze (vorwiegend KCl, NaCl, AlCl ₃) | i: initial |
| ca: chemisch aktiv | caa: ehemals chemisch aktiver Standort |

Eine zusammenfassende Übersicht über die pedochemischen Parameter der einzelnen Proben gibt Tab. 2.

Tabelle 2. Agrochemische Parameter der untersuchten Deponiestandorte

| Standort | pH | Ca [mg/ 100 g Boden] | K [mg/ 100 g Boden] | P [mg/ 100 g Boden] | Mg [mg/ 100 g Boden] | N _t [%] | Cl _t [%] | Salz- gehalt [%] |
|---------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Kompost | 5,9 | 860 | 187,5 | 49,2 | 32,8 | 0,495 | 14,91 | 1,3 |
| Hl | 7,3 | 813 | 25,0 | 31,2 | 10,1 | 0,75 | 6,4 | 0,15 |
| Wd | 7,6 | 3275 | 26,4 | 0,57 | 41,4 | 0,24 | 11,2 | 0,61 |
| Sp | 7,1 | 1740 | 28,0 | 3,05 | 30,7 | 0,2 | 7,1 | 0,48 |
| Kn, v | 7,5 | 3920 | 23,0 | 2,9 | 27,35 | 0,3 | 7,9 | 0,7 |
| Kn, ca ¹ | 1,6 | 7200 | 17,0 | 0,9 | 47,0 | 0,46 | 9,0 | 0,85 |
| Pn-Öl | 6,5 | 1500 | 13,5 | 1,0 | 10,9 | 0,74 | 33,8 | 0,08 |
| Pn-A | 6,9 | 2220 | 7,5 | 1,0 | 18,3 | 1,2 | 28,5 | 0,5 |

¹ S±0: 25 %; S⁻: 5,6 · 10⁻⁴ %, siehe auch Legende zur Tab. 1

Die Sauerstoffzehrung der Bodenproben wurde respiratorisch im Warburgapparat gemessen.

Dazu wurden die Bodenproben 7 Tage luftgetrocknet, auf ≤ 1 mm Korngröße abgeseigt und ein Wassergehalt von 50 % MWK mit physiologischer Kochsalzlösung eingestellt. 1 g der so vorbereiteten Probe wurde unter Zusatz von 2 ml Peptonlösung 210 min lang bei 25 °C vermessen (vgl. auch Fiedler 1973, Anonymus 1975). Die erhaltenen Meßwerte wurden zu einer mitvermessenen standardisierten Kompostprobe in Relation gesetzt.

3. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Tab. 3 enthalten. Wird Tab. 1 mit Tab. 3 verglichen, so ist erkennbar, daß Zusammenhänge zwischen der mikrobiologischen Aktivität der Deponiesubstrate und der Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen existieren.

Tabelle 3. Prozentuale O₂-Zehrung
(Relativwerte zu einer Kompostprobe mit O₂-Gesamt nach 210 min: 181,6 µg/g TM)

| Deponiestandort | Chemisch aktiv ¹ bzw. vegetationslos ² | Initiale Vegetation | Stabile Vegetations- verhältnisse |
|-----------------|---|------------------------|--------------------------------------|
| KMD | 38,5 ² | — | 57,8 |
| gSD | — | 28,6 | 41,1 |
| gSD | 0 ¹ | 35,3 | 63,9 |
| Kn | 0 ¹ | 15,9 | 63,3 |
| Pn-Öl | 0 ² | 18,7 | — |
| Pn-A | 9,9 ² | 31,4 | — |

KMD: Kommunalmülldeponie

gSD: gemischte Schadstoffdeponie

Kn: Deponie des Types PAN-B (r SD)³

Pn: Ölschlammhalde (Tauchnitz, Mahrla u. a. 1983)

Pn-A: Aschehalde

³ Tauchnitz, Goldberg u. a. 1981; Tauchnitz, Mahrla u. a. 1982

Dagegen läßt sich kein Zusammenhang zwischen der mikrobiologischen Aktivität und den nachgewiesenen Inhaltsstoffen erkennen. Die chemisch exponierten Standorte sind u. a. durch Sulfid- und Schwefelbildung (Tauchnitz, Goldberg u. a. 1981) oder hohe bzw. niedere pH-Werte gekennzeichnet (siehe Legende Tab. 2). Aus Tab. 3 lassen sich generell folgende Trends ablesen:

- Die mikrobielle Aktivität nimmt in der Reihe:
vegetationslos < initiale Besiedlung < stabile Vegetationsverhältnisse zu.
- Zwischen den mikrobiologischen Aktivitäten der Substrate von Kommunalmüll- und den gemischten Schadstoffdeponien einerseits und denen der reinen Schadstoffdeponien andererseits zeigen sich bei chemisch exponierten bzw. vegetationslosen Standorten und Standorten mit initialer Besiedlung signifikante Unterschiede. Dagegen sind die Unterschiede der O₂-Zehrung von den Substraten der verschiedenen Deponiestandorte mit stabilen Vegetationsverhältnissen natürlich nicht signifikant verschieden voneinander. Verständlich werden diese Zusammenhänge, wenn berücksichtigt wird, daß:
- die Entwicklung der Rhizosphäre der Pflanzen mit einer Anreicherung von Mikroorganismen verbunden ist (Tauchnitz, Schnabel u. a. 1982),

- mit Zunahme der Wurzelichte die Mikrobenpopulation zunimmt,
- in den Substraten von Kommunal Müll- und gemischten Schadstoffdeponien eine Vielzahl mikrobiologischer Prozesse ablaufen (Ehrig 1981) (gemischte Schadstoffdeponien sind polyhemerob) (Tauchnitz, Kiesel u. a. 1984) und
- daß die mikrobiellen Prozesse in den reinen Schadstoffdeponien gehemmt sind (reine Schadstoffdeponien sind metahemerob).

Die O₂-Zehrung der Substrate an der Aschedeponie Pn-A ergibt, daß solche Deponiestandorte bezüglich der mikrobiellen Aktivität zwischen den reinen und gemischten Schadstoffdeponien einzuordnen sind.

4. Schlußfolgerungen

Wie unsere Ausführungen ergeben, läßt sich die Messung der O₂-Zehrung mit Hilfe der Warburg-Apparatur gut für die Unterteilung der Deponiestandorte in gemischte und reine Schadstoffdeponien heranziehen (Tab. 3).

Aufgrund der Wechselwirkung Pflanze - Boden bzw. Wurzel - Substrat (Tauchnitz, Schnabel 1982) ist es erklärbar, daß die Differenzierungsmöglichkeit der Deponiestandorte nach o. g. Modus in der Reihe:

vegetationslos > initiale Besiedlung > stabile Vegetationsverhältnisse abnimmt.

Zur ökologischen Bewertung der Deponiestandorte im Sinne der gemischten und reinen Schadstoffdeponien stellt die O₂-Zehrung der Oberflächensubstrate ein wichtiges Kriterium dar.

Zusammenfassung

Analog zum Besiedlungszeitraum der Deponieoberfläche mit Pflanzen und der Sickerwasserqualität kann auch die Sauerstoffzehrung von Deponiesubstraten als ein Kriterium für die Unterteilung der Schadstoffdeponien herangezogen werden. Die Sauerstoffzehrung korreliert gut mit der Besiedlung der Deponieoberflächen mit Pflanzen. Die Oberflächensubstrate der reinen Schadstoffdeponien zeigen wesentlich geringere Sauerstoffzehrungen als die der gemischten Schadstoffdeponien und der Kommunal Mülldeponien.

Schrifttum

- Anonymus: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Verlag Chemie, Weinheim 1975.
- Ehrig, H. J.: Mikrobielle Umsetzungsvorgänge im Deponiekörper unter verschiedenen Betriebsbedingungen. EAS-ISWA '81, 5. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium, München, 22.-26. 6. 1981, S. 727-750.
- Fiedler, H. J.: Methoden der Bodenanalysen. Bd. 2: Mikrobiologische Methoden. Dresden 1973.
- Tauchnitz, J., H. Böhm, W. Mahrla, K. Riedel, R. Schnabel, M. Scholz und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 2. Mitteilung: Abgrenzung reiner Schadstoffdeponien von gemischten Schadstoffdeponien. *Hercynia N. F.*, **16** (1) (1979) 81-93.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, R. Schnabel und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 20. Mitteilung: 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. Mitteilung: Kohlenwasserstoffhaltige Abfälle. *Hercynia N. F.* **20** (1983) 129-147.
- Tauchnitz, J., E. Goldberg, W. Mahrla, J. Rittig, I. Kolowos, K.-H. Siegmund, R. Schnabel und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 9. Mitteilung: Beitrag zur Deponie cyanidhaltiger Abprodukte. *Hercynia N. F.* **18** (1981) 185-227.

- Tauchnitz, J., R. Schnabel, G. Kiesel, D. Rehorek, G. Knobloch und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. Möglichkeit der Beeinflussung geochemischer Migrationsfaktoren durch Pflanzen. *Z. ges. Hyg.* **28** (1982) 718–724.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, R. Schnabel, H. Müller, K. Schöne, H. Hennig, K. Kiesel und G. Loos: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 22. Mitteilung: Beispiel einer Deponie des Typs PAN-B. *Z. angew. Geol.* **28** (1982) 136–142.
- Tauchnitz, J., G. Kiesel, M. Hanrieder und H. Hennig: Die Vegetationsentwicklung auf verschiedenen Deponiestandorten und ihre ökologische Bewertung. *Z. Peterm. Geogr. Mitt.* 1984 25–30.

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

Dipl.-Paed. Heike Grohmann
Prof. Dr. rer. nat. Richard Mahrwald
Karl-Marx-Universität Leipzig
Sektion Chemie
7010 Leipzig
Liebigstraße 18