

Aus der Sektion Chemie der Karl-Marx-Universität Leipzig
und der Abteilung Geologie des Rates des Bezirkes Leipzig

Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte

21. Mitteilung: Beitrag zur Deponie von Industrieaschen

Von J. Tauchnitz, W. Mahrla, G. Kiesel, R. Schnabel und H. Hennig

Mit 2 Abbildungen, 7 Tabellen und 1 Tafel

(Eingegangen am 16. Februar 1981)

1. Einleitung

Aschespülkippen werden im Vergleich zu Schadstoffdeponien als unproblematisch betrachtet. Solche Standorte stellen in der Regel an die Kultivierung keine großen Anforderungen, und die Beeinflussung des Grundwassers beschränkt sich auf die Anreicherung mit Härtebildnern.

In vorliegender Arbeit soll im Gegensatz dazu die Ausbildung einer Aschespülkippe, auf der unter anderem 4 % Schlamm aus der Gasbetonproduktion verspült wurden, zur „reinen“ Schadstoffdeponie (Tauchnitz u. a. 1979) dargestellt und ein Beitrag zur Kultivierung derartiger Deponiekörper geleistet werden.

2. Beschreibung des untersuchten Deponiestandes

Die Deponie La wird entsprechend Abb. 1 und Tab. 1 in vier Abschnitte gegliedert. Die Gesamtfläche beträgt etwa 5 ha.

Keiner der einzelnen Deponieabschnitte wurde mit einer Basisabdichtung versehen. Die Verkippung (Abschnitt I) bzw.erspülung (Abschnitte II bis IV) erfolgte auf unvorbereitetem Gelände bzw. unmittelbar in einem Altwasserarm. Der Deponieabschnitt I ist bereits kultiviert (Pappelwald). Auf seine Untersuchung wurde daher verzichtet.

Tabelle 1. Charakteristik der Abschnitte des Deponiestandes La

Deponieabschnitt	Mächtigkeit [m]	Betriebszeit	Abprodukt	Verkippungsart
I	4,5	bis 1959	Aschen, Schlacke	trocken
II	1,5	bis 1961	Aschen, Schlacken	naß
III	4	bis 1972	Aschen, Schlacke, Gasbetonschlamm	naß
IV	2-4,5	ab 1972	Aschen, Schlacke, Gasbetonschlamm	naß

Die Entwässerung erfolgt über einen am Südwestrand der Spülkippe angeordneten Mönch (Abb. 1) unmittelbar in den Altwasserarm.

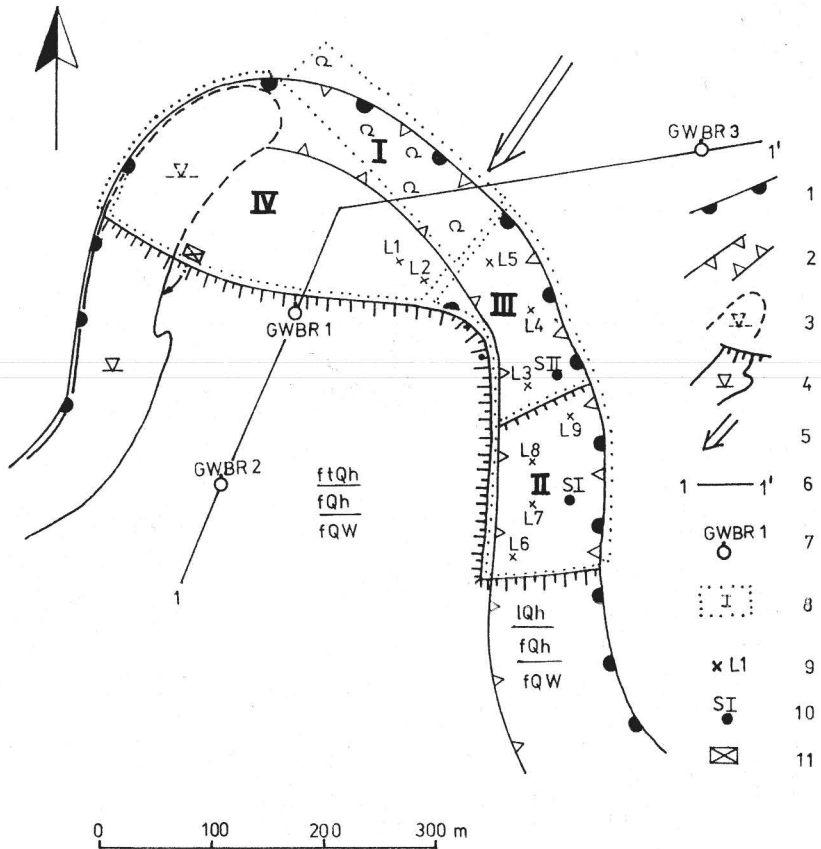


Abb. 1. Übersichtsskizze

1 Verbreitungsgrenze holozäner Flußschotter, 2 verlandeter Flußarm (Verlandungssediment: Mudde), 3 überkippter Altwasserarm, 4 Altwasserarm, 5 Grundwasserfließrichtung, 6 Spur des geologischen Schnittes, 7 Grundwasserbeobachtungsrohre, 8 Deponieabschnitt, 9 Probenahmeort auf der Deponieoberfläche, 10 Schürfe auf dem Deponiekörper, 11 Mönch;

ftQh – holozäner Auelehm, fQh – holozäne Flußschotter, fQW – weichselkaltzeitliche Flußschotter

3. Chemische Beschreibung der abgelagerten Abfälle

In den Tabellen 2 und 3 sind einige charakteristische Kriterien (pH -, T- und H-Wert) und einige Inhaltsstoffe des abgelagerten Deponiematerials angegeben. Die Probenahmeort sind der Abb. 1 zu entnehmen.

Die pH -Werte der abgelagerten Abprodukte sind > 7 . Die pH -Werte der Fläche III mit Durchschnittswerten von 9,8 (Oberflächenproben) sind in bezug auf die Besiedlung mit Pflanzen als hoch zu bezeichnen.

Der erhöhte pH -Wert steht im Einklang mit einer höheren Konzentration von Ca^{2+} im abgelagerten Material. Ebenso sind die Ct -, Nt -, H- und T-Werte und die Mg-Gehalte der abgelagerten Materialien des Deponieabschnittes II pflanzenfreundlicher als die der Abschnitte III und IV. Ursache dafür ist, daß im Gegensatz zu den Abschnitten III und IV auf dem Deponieabschnitt II nur Asche und Schlacke abgelagert

Tabelle 2. Agrochemische Parameter des auf der Deponie La abgelagerten Materials (Bezeichnung siehe Abb. 1)

Tiefe [cm]	pH	C _t [%]	T-Wert b	SG [%]
S I				
0—10	9,8	11,55	46,6	0,64
10—20	7,9	11,55	33,2	0,70
20—30	7,7	11,55	35,5	0,38
30—40	7,4	9,23	24,2	0,60
40—50	7,9	11,55	32,4	0,32
50—60	7,7	4,65	13,2	0,49
60—70	7,9	3,60	8,6	0,29
S II				
0—10	11,7	0,67	23,6	0,45
10—20	11,9	0,41	32,0	1,07
20—30	12,0	0,38	25,8	1,02
30—40	12,0	0,71	36,0	1,10

$$b: \frac{\text{mval Ba}^{++}}{100 \text{ g}}$$

$$\text{H-Wert in allen Proben: } 0,1 \frac{\text{mval}}{100 \text{ g Substrat}}$$

SG: Salzgehalt

N_t, Ca, K, P, Mg: siehe Tab. 4

Tabelle 3. Agrochemische Parameter von Oberflächenproben (0–5 cm) – Legende s. Tab. 2

Probe	pH	C _t	N _t	Ca	K	P	Mg	T-Wert	SG [%]	DA
L 1 +	9,3	3,84	0,047	5 400	23	0,7	6,2	10,8	0,04	IV
L 2 +	6,8	3,16	0,037	1 600	8	2,2	11,0	3,4	0,21	IV
L 3 +	8,4	0,60	0,029	8 000	13	0,8	5,2	7,4	0,43	III
L 4 +	10,3	1,02	0,033	13 800	14	0,9	2,2	16,0	0,31	III
L 5 +	8,7	1,16	0,029	14 400	17	0,7	5,5	18,4	0,64	III
L 6 +	8,2	1,10	0,035	1 280	9	3,3	6,5	4,3	0,06	II
L 7 ++	7,6	11,48	0,217	1 800	15	1,2	18,7	35,8	0,22	II
L 8 +++	7,6	11,48	0,238	1 880	13	1,3	14,8	48,6	0,25	II
L 9 ϕ	7,5	11,44	0,264	1 880	16	1,0	18,6	38,2	0,19	II

+ H-Wert: 0,1

++ H-Wert: 2,8

+++ H-Wert: 4,8

 ϕ H-Wert: 2,2

DA: Deponieabschnitt

wurden (Tab. 1). Allgemeingültig ist die Nährstoffarmut auf allen drei Deponieabschnitten.

Da für die Kultivierung der Deponie eine forstwirtschaftliche Nutzung in Frage kommt (Größe und Lage der Flächen, physikalische Beschaffenheit des Substrates, besonders seine Neigung zur Solifluktion bei Belastung), kann der Prozeß der Pedogenese nur eingeschätzt werden, wenn man ihn mit dem angestrebten Endzustand (Mischwaldbestand) vergleicht. Als Referenz wurde daher die zersetzte Laubstreu eines Mischwaldbestandes (Dziadowiec u. a. 1980) gewählt. Vergleicht man die Verhältnisse des Kohlenstoffgehaltes zu den Gehalten an anderen Nährstoffen (Tab. 4) mit den Ver-

hältnissen in der zersetzten Laubstreu und beachtet dabei, daß der C-Gehalt in der Laubstreu etwa viermal so hoch ist wie im Substrat, so ergibt sich folgendes Bild:

- Der Ca-Gehalt ist extrem hoch, wird aber mit Ansteigen des C_t-Gehaltes in ein pflanzenfreundlicheres Verhältnis überführt.
- Die Verhältnisse C/K und C/P erhöhen sich langsam (Auswaschung und C-Anreicherung) und führen zum akuten Mangel an diesen Elementen.
- Das Verhältnis C/N erhöht sich nicht so stark, N bleibt aber dennoch ein Mangel-element. Die N-Anreicherung von III zu II ist offensichtlich auf biologische Mechanismen zurückzuführen.

Tabelle 4. Verhältnis des Kohlenstoffgehaltes zu dem anderer Nährstoffe im Substrat der Deponie (Bezeichnung s. Abb. 1)

Tiefe	C/N	C/Ca	C/K	C/P	C/Mg
S I					
0—10	49,78	3,6	888	23 100	287
10—20	41,10	3,1	962	14 438	134
20—30	64,89	6,3	962	28 875	91
30—40	78,22	6,4	615	46 150	110
40—50	79,66	7,6	642	38 500	123
50—60	105,68	3,3	517	15 500	78
60—70	92,31	3,6	327	4 000	108
S II					
0—10	30,45	0,04	35	1 675	838
10—20	20,50	0,03	68	512	512
20—30	19,00	0,03	76	760	475
30—40	35,50	0,04	118	507	888
zersetzte					
Laubstreu	25,96	65	315	355	532
Mischwald (Dziadowiec 1980)					
C _t = 43,91 ‰					

4. Hydrogeologische Situation

Der Deponiestandort befindet sich im Randbereich einer holozänen Flußtaue (Abb. 1). Am Ost- und Nordrand des Deponiekörpers besteht der Deponieuntergrund (Mahrla u. a., 1982) aus Schottern eines weichselkaltzeitlichen Flußlaufes (fQW) – Niederterrasse. Unter der Deponieoberfläche lagern holozäner Auelehm (ftQh) bzw. Mudde als Verlandungssediment (lQh) und holozäne Flußschotter (fQh).

Holozäne und weichselkaltzeitliche Flußschotter bilden einen gemeinsamen Grundwasserleiter. Die Grundwasseroberfläche liegt etwa 1 m unter der Deponiebasisfläche. Das Grundwasser fließt in südwestliche Richtung.

Die petrographische Ausbildung, Mächtigkeit und Durchlässigkeit (*k*) der einzelnen Horizonte sind aus Tafel 1 ersichtlich. Die Lagerungsverhältnisse sind auf Abb. 2 dargestellt.

Tafel 1. Charakteristik des Deponieuntergrundes

Horizont: ftQh; Bezeichnung: Auelehm; *k*-Wert [m/s]: $1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-7} \times$; petrographische Beschreibung: Schluff, zum Teil stark feinsandig, humos; mitunter stark schluffiger Feinsand; Mächtigkeit [m]: 0 ... 3

Horizont: lQh; Bezeichnung: Mudde; *k*-Wert [m/s]: $1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-8} \times$; petrographische Beschreibung: Schluff, sehr stark feinsandig, tonig, humos, sapropelitisch; Mächtigkeit [m]: 1 ... 2

Horizont: fQh; Bezeichnung: Flußschotter; k -Wert [m/s]: $1,4 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-5}$; petrographische Beschreibung: Grobsand bis Mittelkies, stark feinkiesig und mittelsandig, untergeordnet Feinsand, stark mittel- und grobsandig; Mächtigkeit [m]: 3...4

Horizont: fQW; Bezeichnung: Flußschotter; k -Wert [m/]: $6,45 \cdot 10^{-4} \dots 7,75 \cdot 10^{-4}$; petrographische Beschreibung: Mittelsand bei Mittelkies, stark feinkiesig und grobsandig; Mächtigkeit [m]: 18...20 (x Schätzwert).

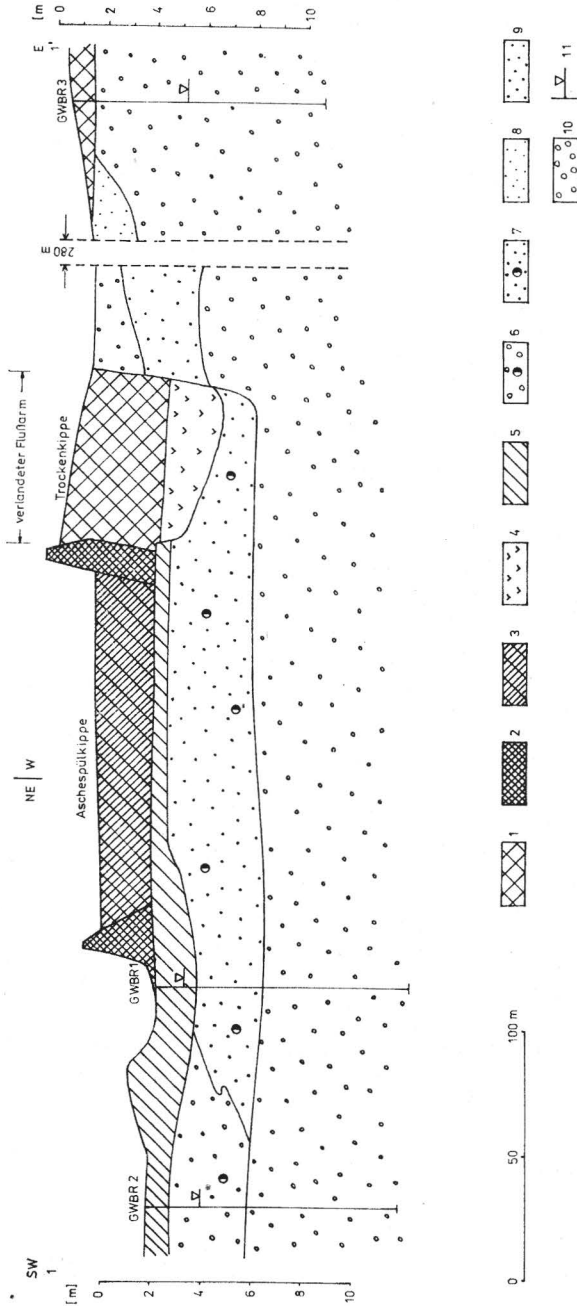


Abb. 2. Geologischer Schnitt
 Holozän: 1 Trockenkippe (Aschen, Schlacke), 2 Dammschüttung (bindiges Material), 3 Aschespülkippe (Aschen, Gasbeton-
 schlamm), 4 Mudde (Verlandungssediment), 5 Auelehm;
 Flußschotter: 6 Fein- bis Mittelkies, 7 Grobsand;
 Weichselkaltzeit: Flußschotter: 8 Mittelsand, 9 Grobsand, 10 Fein- bis Mittelkies;
 11 Bohrung mit Grundwasserspiegel

5. Standorttyp

Nach der von Tauchnitz, Mahrla u. a. (1980, 1983) vorgeschlagenen Klassifikation ist die Deponie La einem Standort vom Typ PA-B1 zuzuordnen und läßt demzufolge im Sickerwasser aerobe Verhältnisse erwarten.

Im Rahmen der Vorbereitung der Standorte für die Ablagerung der Abprodukte wurden die einzelnen Spülabschnitte mit bindigem Material ($k \sim 1 \cdot 10^{-8}$ m/s) eingedämmt. Der Standort wurde auf diese Weise künstlich in den Typ PA-B2 überführt. Das findet seine Bestätigung im, nach

$$rH_m = \frac{Eh_m}{0,03} + 2 pH_m = 23,7$$

errechneten, Durchschnittswert für die Untergruppe des Standorttyps PA-B2 (Tab. 5), die von Tauchnitz u. a. (1981) mit $rH_m = 23,8$ angegeben wird.

Tabelle 5. pH-, Eh- und rH-Werte des Sickerwassers und beeinflussten Grundwassers der Deponie La

	pH	Eh [mV]	rH
Grundwasser	9—10,0	— 42 bis (+ 269)	16,6—28,9
Sickerwasser (Mönch)	10,9—11,5	+ 77 bis (+ 105)	25,3—25,6
	$pH_m = 10,3$	$Eh_m = + 101$	$rH_m = 24$

6. Die Besiedlung der Deponieflächen durch Pflanzen

Vorwegnehmend kann festgestellt werden, daß das verspülte Material für die Vegetation ein schwer besiedelbares Substrat darstellt. Dafür sind vor allem der hohe pH-Wert sowie geringer Nährstoffgehalt verantwortlich. Andererseits wirken die hohe Verdichtung (besonders auf Fläche III) und starke sommerliche Austrocknung einer Besiedlung entgegen.

Besonders deutlich werden diese Beziehungen durch die Dominanz der Moose, vor allem *Bryum caespiticium* (vgl. Schubert 1974 a, b, c, Oberdorfer 1978). Das Auftreten von *Koeleria pyramidata*, einer Art mit VS in basiphilen Halbtrockenrasen, zeigt etwas pflanzenfreundlichere Standorte an. (VS: Verbreitungsschwerpunkt.)

Solche günstigeren Standorte ergeben sich zum einen aus der sehr langen Existenz eines Teiles der Deponie (Deponieabschnitt II) und dem damit verbundenen Nährstoffeintrag und zum anderen aus besseren Wasserverhältnissen, die auf Grundwassernähe beruhen.

Insbesondere die beiden letztgenannten Faktoren lassen eine Differenzierung des Pflanzenbestandes auf den Deponieflächen zustande kommen.

Eine eindeutige Klassifizierung der aufgenommenen Vegetationseinheiten ist nicht möglich. Es handelt sich bei diesen um pionierflurähnliche Bestände, die Elemente sowohl mauerpfefferreicher Pionierfluren als auch solcher auf nährstoffarmem Sand und Größböden enthalten. Daneben treten vereinzelt Arten basiphiler Xerothermrasen auf.

Tabelle 6. Vegetationsaufnahmen

Aufn. Nr.	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Aufn. Fl. m ²	50	50	0,5	0,5	0,5	50	50	50	50	50
Bedeckg. F 0/0	50	50	80	70	70	60	60	75	30	15
M 0/0	70	70	40	50	50	40	40	20	80	50
<hr/>										
F										
<i>Silene vulgaris</i>	3	3	2	3	3	1	2	1	2	2
<i>Koeleria pyramidata</i>			2	+				+		
<i>Hieracium pilosella</i>				2						
<i>Rumex acetosa</i>	+	+	1			+		+	r	
<i>Taraxacum officinalis</i>	+	+	+			1		+	+	+ ^o
<i>Achillea millefolium</i>		+			1	1	+	+	+	
<i>Poa pratensis et angustifolia</i>			2						+	+
<i>Hypochoeris radicata</i>	+		+	1	+	+	1	+		
<i>Holcus lanatus</i>	+	+	1			+				
<i>Epilobium angustifolium</i>			+					1		
<i>Hypericum perforatum</i>					1		+			
<i>Carduus crispus</i>						+	+	+		+ ^o
<i>Calamagrostis epigeios</i>								1	+	
<i>Coryza canadensis</i>		+	+	1	+	2	2	2	r	
<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+	+			2	+	1	+	+ ^o
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>		+	+	+		+				+ ^o
<i>Oenothera biennis</i>						+	2	+		
<i>Tanacetum vulgare</i>	+					1	+		+	+
<i>Erigeron acris</i>	+					r				+ ^o
<i>Agrostis gigantea</i>		1			+	1	1	2	r	
<i>Phragmites australis</i>						1	+	+		
<i>Tussilago farfara</i>						+	1	+		
<i>Equisetum arvense</i>						r				
M										
<i>Aloina rigida</i>		3				2	1		3	
<i>Bryum caespiticium</i>		2				2	2		2	
<i>Bryum argenteum</i>		1				+	+			
<i>Ceratodon purpureus</i>		+				+	+		1	
<i>Bryum pendulum</i>		+				+	+			
<i>Phascum acaulon</i>									r	

Weiterhin

Centaurea stoebe in 65/r^o; *Artemisia campestris* 67/+; *Arrhenaterum elatius* 66/1; *Festuca rubra* 67/+; *Carduus nutans* 63/1; *Agropyron repens* 64/r; *Vicia tenuifolia* 65/1; *Cerastium arvense* 67/+; *Senecio vernalis* 59 u. 60/+; *Carex hirta* 60/1; *Papaver dubium* 60/+.

Ein weiterer Faktor, der auf diesen Standorten die Ansiedlung gegenüber der Deponiefläche III begünstigt, dürfte die ehemals erfolgte Verspülung (wenigstens z. T.) von vorwiegend Industrieaschen sein.

Aus den Vegetationsaufnahmen Nr. 59–66 (Tab. 6) gehen die Besiedlungsverhältnisse auf den eben geschilderten Flächen hervor.

Eine Unterteilung dieser Fläche läßt sich auf Grund unterschiedlicher Wasserhältnisse vornehmen. Die äußeren Randzonen sind deutlich durch Feuchtigkeitszeiger, wie *Phragmites australis*, *Tussilago farfara* und *Equisetum arvense*, von dem zur Mitte hin gering ansteigenden Abschnitt unterschieden. Auf diesen feuchteren Standorten geht die Moosbedeckung deutlich zurück (vgl. Aufn. Nr. 64–66), und die ruderalen Arten, vor allem *Conyza canadensis*, *Artemisia vulgaris* und *Oenothera biennis*, treten stärker in Erscheinung. Auffällig ist auch eine homogenere Besiedlung gegenüber dem Mittelabschnitt, in welchem vor allem die Moose dominieren und höhere Pflanzen sich in erster Linie von bultenartigen Flächen ($\sim 0,5 \text{ m}^2$) ausbreiten. Die für das Zustandekommen einer solchen „Bulte“ notwendigen Bedingungen (hauptsächlich Nährstoffeintrag, Milderung des hohen pH-Wertes und Schaffung günstigeren Mikroklimas) werden in diesem Fall fast immer durch *Silene vulgaris* geschaffen (vgl. dazu Vegetationsaufnahme Nr. 61–63).

Die Deponiefläche Nr. III zeigt eine deutlich geringere Besiedlung durch höhere Pflanzen (Aufn. Nr. 67 u. 68). Ursachen dafür sind einmal das geringere Alter des Standortes und zum anderen das Substrat selbst (Tab. 1). Dieses wirkt neben seinen ungemilderten chemischen Komponenten, auch über eine besonders hohe Verdichtung nach Ablagerung, einer schnellen Besiedlung entgegen.

Mit zunehmender Entfernung vom ehemaligen Spülkegel zeigen sich auf dieser Fläche pflanzenfreundlichere Bedingungen hinsichtlich der physikalischen Beschaffenheit des Substrates. Am Spülkegel und in dessen unmittelbarer Nähe sind die Standorte sehr skelettreich, wodurch das Wasserhaltevermögen stark verringert ist. Der größte Teil der hier angetroffenen Arten zeigt eine herabgesetzte Vitalität und z. T. Nanismus. In diesem Bereich geht auch die Moosbedeckung auf 50 % zurück (vgl. Aufn.-Nr. 68). Im tiefsten Punkt ist der Feinanteil am höchsten und damit auch das Wasserhaltevermögen. Die Moosbedeckung erreicht 80 % auf dieser Fläche (Aufn.-Nr. 67).

Klammert man den anfangs dargestellten feuchtesten Randbereich der Deponiefläche aus, so tritt uns *Silene vulgaris* als dominierende Art entgegen. Mit ihrem stark verzweigten und tiefreichenden Wurzelsystem (bis zu 2 m) ist sie in der Lage, das Substrat gut zu besiedeln und dauerhafte Stadien auszubilden. Vergleichbar ist dieser Sachverhalt mit den *Silene vulgaris*-Stadien schwermetallsalzhaltiger Standorte (siehe Schubert 1974 a, b, c), wobei im vorliegenden Fall sicherlich nicht eine mechanische Festlegung des Substrates, sondern dessen Durchdringung im Vordergrund steht.

Abschließend ist festzustellen, daß lediglich auf den feuchtesten Standorten nach einem Zeitraum von etwa 20 Jahren das *Silene vulgaris*-Stadium vor allem durch ruderale Arten abgebaut werden kann. Die Pflanzenbedeckung dieses Deponieabschnittes II entspricht jedoch noch nicht den Anforderungen einer Begrünung.

Eine beschleunigte Besiedlung dieser Deponie läßt sich durch Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften erreichen – Auflockerung bis in eine Tiefe von etwa 30 cm. Zum anderen muß unbedingt eine gewisse Neutralisierung mit der erstgenannten Maßnahme einhergehen. Eine Verbesserung des Nährstoffangebots durch eine NPK-Grunddüngung ist anzustreben.

Die obengenannten Maßnahmen sind jedoch von einer Bearbeitbarkeit der Flächen abhängig. Durch gemeinsame Verspülung von Industrieasche und ähnlichem könnten noch im Betriebszeitraum der Deponie Grundlagen für eine schnellere Kultivierbarkeit nach Abschluß der Verspülung erreicht werden.

7. Auswirkung der Deponie auf das Grundwasser

In Tab. 7 sind zur Verdeutlichung der von der Spülkippe ausgehenden Grundwasserqualitätsbeeinträchtigungen Analysen des Sickerwassers und des unbeeinflussten Grundwassers (GWBR 3) gegenübergestellt.

Tabelle 7. Hydrochemische Verhaltensweise (arithmetische Mittelwerte) ausgewählter Kriterien (11 Analysen)

	Sickerwasser GWBR 1 (Mönch)	GWBR 2	GWBR 3
Wassertemperatur [°C]	10,3	9,2	9,1
pH-Wert	10,9	9,29	8,1
p-Wert [m val/l]	2,0	0,8	0,2
m-Wert [m val/l]	2,8	1,8	2,7
KMnO ₄ [mg/l]	51,5	122,1	88,3
Cl ⁻ [mg/l]	56,8	37,3	65,7
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	729,3	681,1	642,6
NO ₂ ⁻ [mg/l]	0,3	0,075	0,04
GH ⁴ [° dH]	22,5	24,2	28,5
TR ¹ [mg/l]	860	400	410
P ₂ O ₅ [mg/l]	2,0	n. n.	n. n.
κ ² [ms · cm ⁻¹]	0,85	0,53	0,66
Ca [mg/l]	77	37	64

¹ Trockenrückstand ² Leitfähigkeit ³ nicht bestimmt ⁴ Gesamthärte

Die von der Grundwasserbeobachtungsbohrung GWBR 1 bis zur Bohrung GWBR 2 zum Teil fallenden Werte für den KMnO₄-Verbrauch, den pH- und p-Wert und den SO₄²⁻-Gehalt sind einerseits auf Verdünnungseffekte, andererseits sicherlich auf das Selbstreinigungsvermögen des Grundwasserleiters zurückzuführen.

Die gegenüber dem Sickerwasser höheren Gehalte an KMnO₄ reduzierenden Substanzen und Härtebildner in den Grundwässern der GWBR 1 und GWBR 2 und in dem Grundwasser des GWBR 2 gegenüber dem des GWBR 1 (das sind Cl⁻, Härtebildner, Salzgehalt und Ca⁺⁺) können objektiv durch Inhomogenitäten im Sickerwasseranfall bedingt sein.

8. Schlußfolgerungen

Die Kultivierung des entstandenen Ödlandes ist wegen der bodenchemischen Eigenschaften erschwert.

Da die entstehenden Flächen über längere Zeit nicht befahrbar sind und nur nach kurzer Zeit unter gewissen Sicherheitsvorkehrungen betreten werden können, ist die Kultivierung mit schwerer Technik nicht möglich und erfordert manuellen Aufwand. Aus den gleichen Gründen ist ein Überzug mit Kommunalmüll, Bodenaushub und ähnlichem bzw. die Einarbeitung derartiger Materialien nicht möglich. Die Kultivierung ist daher nur durch eine Beschleunigung der natürlich ablaufenden Prozesse möglich. Dazu wäre folgendes zu veranlassen:

1. Die gesamte Fläche sollte nach einer entsprechenden Lagerzeit (erfahrungsgemäß 1/2 Jahr) eine N-P-K-Grunddüngung erfahren.
2. Danach sollte die Aussaat einer Gras-Klee-Mischung, eventuell als Mulchdecksaat, erfolgen. Günstig für die Kultivierung ist es, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* und

Trifolium repens zu verwenden, da diese Pflanzenarten infolge ihres natürlichen Vorkommens (Tab. 4) den besten Erfolg für die Kultivierung des Ödlandes versprechen.

3. Nach Bedarf muß gedüngt bzw. nachgesät werden.
4. Die Tiefenerschließung bzw. -befestigung des Materials sollte durch Bepflanzung mit Bäumen nach Ausbildung und Stabilisierung einer geschlossenen Vegetationsdecke erfolgen.

Die im Abschnitt 7. und Tab. 6 dargestellten hydrochemischen Verhältnisse zeigen, daß von der Aschepülkippe eine starke Beeinträchtigung der Grundwasserqualität ausgeht. Die Ursache ist ein durch das Spülwasser hervorgerufener starker Sickerwasseranfall, dem der Deponieuntergrund mit k -Werten von $1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-7}$ m/s keinen ausreichenden Widerstand entgegensetzen kann. Wenn auf eine künstliche Abdichtung des Deponieuntergrundes verzichtet werden muß, ist der Ableitung des Spülwassers (insbesondere als Rückspülwasser) mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Das wird zweckmäßig, wenn auch kostenaufwendig, erreicht durch Anlage mehrerer Mönche nicht nur an der Peripherie, sondern auch im Zentralteil der Spülkippe. Selbst durch diese Maßnahme ist bei den vorliegenden Verhältnissen des Deponieuntergrundes eine Qualitätsbeeinträchtigung des Grundwassers nicht vollständig auszuschließen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die zögernde Pflanzenbesiedlung der Deponieoberfläche und die pH -Werte (9,3 bis 10,9) der Sicker- und Grundwasser für den untersuchten Deponiestandort die Zugehörigkeit zur Gruppe der reinen Schadstoffdeponien (Tauchnitz u. a., 1981) anzeigen.

9. Bestimmung der Pflanzen

Die Bestimmung der höheren Pflanzen erfolgte nach Rothmaler (1976) und die der Moose nach Bertsch (1959).

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Aschepülkippe beschrieben. Die natürliche Besiedlung der Deponieoberfläche mit Pflanzen und die Grundwasserkontamination durch das Sickerwasser der Deponie lassen diese den reinen Schadstoffdeponien zuordnen. Schlußfolgerungen zur Verminderung der Grundwasserkontamination und zur Kultivierung der Deponieoberfläche werden angegeben.

Schrifttum

- Bertsch, K.: Moosflora von Südwestdeutschland. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1959.
- Dziadowiec, H., und A. Kwiatkowska: Mineralization and humification of plant fall in mixed forest stand of the reserve "las Piwnicki" near Torun. *Ekol. pol.* **28** (1980) 111–128.
- Gutte, P., und W. Hilbig: Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. XI. Die Ruderalvegetation. *Hercynia N. F.*, Leipzig **12** (1975) 1–39.
- Isermann, K.: Neuere Erkenntnisse der Pflanzenernährung. *Chem. in unserer Zeit* **13** (1979) 97–110.
- Mahrle, W., R. Schnabel und J. Tauchnitz: Zur Begriffsbestimmung einiger Bezeichnungen bei Deponieproblemen. *Z. ges. Hyg.* **28** (1982) 87–90.
- Mahrle, W., J. Tauchnitz und H. Hennig: Die Untersuchung von Deponiestandorten unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Auslaugungen in Deponiekörpern im bzw. mit dem Deponieuntergrund – ein methodischer Beitrag zum praktischen Grundwasserschutz. *Hercynia N. F.*, Leipzig **17** (1980) 467–482.
- Oberdorfer, E.: Pflanzensoziologie 10, Teil II. Süddeutsche Pflanzengesellschaften Jena 1978.

- Rothmaler, W.: Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD – Kritischer Band. Verlag Volk und Wissen, Berlin 1976.
- Schubert, R.: Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teils der DDR. VIII. Basiphile Trocken- und Halbtrockenrasen. *Hercynia N. F.*, Leipzig 11 (1974 a) 22–46.
- Schubert, R.: IX. Mauerpfefferreiche Pionierfluren. *Hercynia N. F.*, Leipzig 11 (1974 b) 201–214.
- Schubert, R.: X. Silbergrasreiche Pionierfluren auf nährstoffarmen Sand- und Grufsböden. *Hercynia N. F.*, Leipzig 11 (1974 c) 291–298.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, R. Schnabel, E. Goldberg und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 17. Mitt. Einfluß der Redoxpotentiale und der pH-Werte der Deponiesickerwässer auf die Migration der Schadstoffe in Deponiestandorten. *Z. angew. Geol.* (im Druck 1983).
- Tauchnitz, J., H. Böhm, W. Mahrla, K. Riedel, W. Schiller, R. Schnabel, H. Scholz und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 2. Mitt. Abgrenzung reiner Schadstoffdeponien von gemischten Schadstoffdeponien. *Hercynia N. F.*, Leipzig 16 (1979) 81–93.
- Tauchnitz, J., W. Mahrla, R. Schnabel und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 20. Mitt. Einfluß von Deponiestandorttypen auf die Redoxzustände von Deponiesickerwässern. *Z. angew. Geol.* 20 (1981) 574–582.

Dr. rer. nat. J. Tauchnitz
Dipl.-Chem. R. Schnabel
Dipl.-Biol. G. Kiesel
Prof. Dr. sc. nat. H. Hennig
Karl-Marx-Universität Leipzig
Sektion Chemie
7010 Leipzig
Liebigstraße 18

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