

Untersuchungen zum langfristigen Verhalten von Siedlungsabfalldeponien

Inge Krümpelbeck

ANHANG 1

Inhaltsverzeichnis

Tab. A1.1: Allgemeine Kenndaten der Deponien

Deponie	Laufzeit	Fläche [ha]	Höhe [m]	Abfallvol./-menge Mio	Abfallzusammensetzung	Rekultivierungsmaßnahmen	Technische Ausstattung
D1	1973-1983	16,6	8,1	1,427 t	46 % H, 11 % Sp, 22,4 % B, 17 % G, 2,6 % KS, 0,9 % IS	Bodenabdeckung > 1 m	SW ⁰ , Ga
D2	1965-1979	6,4	5-25	1,102 t	32 % H/Sp, 10 % G, 25-35 % I, 30-50 % B, 8 % IS/KS	Bodenabdeckung > 1 m	Ga
D3	1971-1989	9	10	0,9 m ³		mineral. Abdichtung	SW teilweise, Ga
D4	1974-1993	7,27	10	0,8 m ³	66 % B, 34 % H/hG	Bodenabdeckung > 1 m	Ba und SW teilweise, Fremdw
D5	1966-1988	18,1	10	2,3 m ³	H, hG, G, B, KS	z. T. mineral. Abdichtung, z. T. Folie	Ba und SW teilweise, Ga
D6	1967-1988	3,76	20	0,84 m ³	50 % H, 20 % hG, 30 % B	Bodenabdeckung > 1 m	Ba, SW teilweise, Ga
D7	1986-1991	2,3	20	0,13 m ³	> 50 % H/hG, ?B, ? Sp, ?IS	mineral. Abdichtung	Ba, SW, Ga
D8	1978-1986	3	12	0,27 m ³	> 50 % H/hG, <<I	Bodenabdeckung > 1 m	Ba und SW teilweise, Ga
D9	1983-1989	1,38	15	0,308 m ³	80 % H, hG, Sp, B, KS	mineral. Abdichtung	Ba teilweise, SW, Ga
D10	1983-1993	4,8	12	0,54 t	> 50 % B/hG, H, Sp	Bodenabdeckung > 1 m	Ba, SW teilweise, Ga
D11	1983-1996	8	15	0,31 m ³	>> 50 % H/hG	mineral. Abdichtung	Ba, SW, Fremdw, Ga
D12	1959-1988	6	10	0,519 m ³	>> 50 % H/hG	mineral. Abdichtung	SW teilweise
D13	1986-1994	2,5	8	0,237 m ³	80 % H/Sp, 20 % hG	Bodenabdeckung ≤ 1 m	Ba, SW, Ga
D14	1976-1986	1	10	0,1 m ³	H, Sp, hG	mineral. Abdichtung	Ba und SW teilweise, Fremdw, Ga
D15	1983-1989	2,8	15	0,25 m ³	> 50 % H, hG, Sp, KS	mineral. Abdichtung	B, SW, G
D16	1972-1989	14	?	?	H, hG, I	Bodenabdeckung ≤ 1 m	Ba teilweise, SW, Ga teilweise passiv
D17	1973-1993	7	20	1,5 m ³	H, hG, KS, B	mineral. Abdichtung	SW, Ga
D18	1958-1973	9,5	25	2,2 m ³	H, G, B	Bodenabdeckung > 1 m	G
D19	1973-1983 (I) 1983-1995 (II)	30	65	5,5 m ³	H, hG, B	Bodenabdeckung > 1 m	SW teilweise, Ga
D20	1970-1976	1	20	0,2 m ³	> 50 % I, H, B	z. T. Bodenabdeckung > 1 m	SW teilweise, Fremdw, Ga
D21	1965-1995	8,11	25	1,8-2 m ³	> 50 % H/hG, KS, IS, B	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW teilweise, Ga

Fortsetzung Tab. A1.1

D22	1976-1993	10	?	0,67 m ³	34,1 % H, 36,4 % B, 15,7 % G, 7 % Sp, 6,9 KS	Bodenabdeckung ≤ 1 m	Ba und SW teilweise, Ga
D23	1977-1980	6	12	0,8 m ³	H, hG, B	Bodenabdeckung > 1 m	Ga
D24	1972-1993	10,8	?	3,2 m ³	<50 % H/hG, > 50 % I/IS	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW teilweise, Ga
D25	1975-1985	5,5	10	0,35 m ³	H, hG, B	Bodenabdeckung > 1 m	SW, Fremdw, Ga
D26	1969-1982	8,8	12	0,95 m ³	I, hG, KS, H	Bodenabdeckung > 1 m	SW, Fremdw, Ga
D27	1973-1994	11,5	?	1,5 m ³	H, hG, B	mineral. Abdichtung	SW, Fremdw,
D28	1975-1990	6,755	60?	0,75 m ³	30 % H, 45 % hG, 10 % B, 10 % KS, 5 % Sp	mineral. Abdichtung	SW, Fremdw, Ga
D29	Vor 1973-1982	16	10	2,2 m ³	H, hG, B, G	Bodenabdeckung > 1 m	SW teilweise, Ga
D30	Vor 1972-1986	4		0,273 m ³	> 50 % B, H, hG, G	mineral. Abdichtung	Ga
D31	1979-1994	8,2		1-1,25 m ³	H, Sp, hG, B, KS	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW, Ga
D32	1988-1994	3,7	20	0,315 m ³	H, hG, B, Sp, KS	Bodenabdeckung ≤ 1 m, seit 1994 Folie	Ba, SW mit Rückführung, Ga
D33	1974-1989	3	8		H, hG, B, Sp	Bentonitmatte	Ga
D34	1982-1993	8,5	40	1,6 m ³	H, hG, B, Sp, KS	mineral. Abdichtung	Ba, SW, Ga
D35	1972-1984	6		0,4 m ³	60 % B, 20 % H, 10 % KS, 10 % G	Bodenabdeckung > 1 m	SW, Fremdw
D36	1969-1992	16,64	35	4,5 m ³	44,8 H, 27,9 % B, 15,9 % Sp, 9,2 % I, 2,14 KS	Bodenabdeckung > 1 m	SW, Fremdw, Ga
D37	1975-1994	7,6	12	0,85 t	50 % H, 25 % G, 12 % Sp, 5-10 % B, < 1 % KS	Bodenabdeckung ≤ 1 m	Ba, SW früher Rückführung, Ga
D38	1975-1987	12	17	1 m ³	>> 50 % H	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW, Fremdw, Ga
D39	1972-1988	31	16	0,7 m ³	33 % H, 33 % B, 33 % hG	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW, Fremdw
D40	1978-1994	12		2 m ³		Bodenabdeckung > 1 m	SW
D41	Ca. 1960- 1992	6,6	22		H, hG, B, Sp	Bentonitmatte	Ga
D42	Ca. 1963-1990	6,4	8	0,55 m ³		Bodenabdeckung ≤ 1 m	Ga
D43	1973-1978	8,4		0,31 m ³	> 50 % I, H, hG, B	Bodenabdeckung > 1 m	SW, Fremdw, Ga
D44	1977-1995	15	20	1,1 m ³	H, hG, B, KS	Bodenabdeckung > 1 m und z. T. ≤ 1 m	Ba teilweise, SW, Ga
D45	1900-1981	6			H, hG, B	Bodenabdeckung > 1 m	SW teilweise
D46	1978-1988	11,8		1,5 t	H, B, G, KS	mineral. Abdichtung	Ga
D47	1985-heute	32	35		H, hG, G, B, KS	Bodenabdeckung > 1 m	Ba, SW, Ga
D48	Ca. 1950-1995	2,5		0,3 m ³	H, hG, B	Bodenabdeckung ≤ 1 m	SW

Fortsetzung Tab. A1.1

Deponie	Laufzeit	Fläche [ha]	Höhe [m]	Abfallvolumen Mio	Abfallzusammensetzung	Rekultivierungsmaßnahmen	Technische Ausstattung
D49	1978-1992	12,7		2,1 m ³	> 50 % G, B, H, KS, Sp	Folie/Bentonitmatte	Ba teilweise, SW Fremdw, Ga
D50	1973-1993	12		3 m ³	50 % hG/B, 40 % H, 10 % B/Sp	mineral. Abdichtung	Ga
D51	1969-1986	30	10	3,4 m ³	H, G, hG, I, KS, Sp	Folie/Bentonitmatte	SW teilweise, Ga

H=Hausmüll, Sp=Sperrmüll, B=Boden und Bauschutt, G=Gewerbeabfall, KS=Klärschlamm, IS=Industrieschlamm, I=Industrieabfälle, hG= hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, SW=Sickerwasser, - Ga=Gas, Ba=Basis, Fremdw=Fremdwasser

Abb. A1.2: Allgemeine Kenndaten der nordrhein-westfälischen Deponien

Deponie	Laufzeit	Fläche [ha]	Höhe [m]	Abfallvol./-menge in Mio	Abfallzusammensetzung	Rekultivierungsmaßnahmen	Technische Ausstattung
A	1976/77-1983	7,4	15	1,1 m ³	45 % H*, 55 % B** und G***	mineral. Abdeckung, 1 m	Ba, SW, Ga
B	1971-1985	10,5	12	1 m ³	50 % H, 50 % B und G	mineral. Abdeckung, 0,65 m	Ba, SW, Ga
C	1973-1992	17	3 - 17	1,61 m ³	54 % H, 46 % G	Sand 0,1 m	Ba, SW, Ga
D	1974-1983	7	8	0,145 m ³	H, G, und B	Erzsand 0,3 m Dränschicht	Ba, SW
E	1960-1975	5,46	8	0,189 m ³	> 50 % Siedlungsabfall	0,4 – 0,9 m Sand/Mutterboden	SW teilweise, Fremdw
F	1971, 1975-1979	7	12	0,2 m ³	> 50 % Siedlungsabfall	0,3 – 2,4 m Sand/Mutterboden	Ba teilweise, SW
G	1969-1985	20	8 -12	1,1 m ³	> 50 % Siedlungsabfall	1,5 – 3 m Bodenabdeckung	SW teilweise Fremdw, Ga
H	1966-1983	7,8	7	1,8 m ³	H, G und B	0,8 m Inertmaterial	Ga
I	1967-1987	30	12 - 15	3,7 m ³	50 % H und ?G, B separat	Ca. 0,3 m Ton	Ba teilweise SW teilweise Ga, Fremdw
J	1957-1980	8	40	1,2 m ³	30 % Organik	0,3 – 1 m Bauschutt/Sand	SW teilweise, Ga
K	1966-1981	6,4	12 - 18	0,9 m ³	50 % H, 30 % B und 20 % G	0,4 m bindiger Boden	SW teilweise
L	1969-1981	12	7,5	0,9 m ³	H, G und K****	Ca. 2 m Boden/Sand	SW
M	1955-1983	44	16 - 28	4,9 m ³	45 % Organik, 35 % Anorg.anik, 20% G	2,5 m Boden	SW teilweise Ga
N	1945-1992	55	45	14,5 m ³	13 % H, Industrieabfall und B	1 – 3 m Boden	Ba und SW teilweise, Ga
O	1964-1994	22	15	5,7 m ³	33 % Organik, 67 % Inertstoffe	Geplant	Ba und SW teilweise, Ga
P	1973-heute	20	14	1,9 m ³	> 50 % Siedlungsabfall	1,5 – 3 m Boden	Ba teilweise, SW
Q	1972-heute	20,8	17 - 20	3,4 m ³	> 50 % Siedlungsabfall	1 – 2 m bindiger Boden	Ba teilweise, SW, Ga
R	1968-1988	17,7	12	2 m ³	Siedlungsabfall, viel Bauschutt	0,5 – 2 m bindiger Boden	SW, Ga, Fremdw
S	1974-1987	6	45	1,4 m ³	Siedlungsabfall	1,5 – 3 m bindiger Boden	SW teilweise, Fremdw
T	1968-1993	5,5	30 - 40	1,9 m ³	H, Inertstoffe und G	0,2 – 0,3 m Boden	Ba, SW, Ga, Fremdw
U	1969-1989	27,6	6 - 14,5	2,8 m ³	50 % H, Aschen und Schlacken	0,3 – 0,4 m bindiger Boden	Ba, SW, Ga, Fremdw?
V	1968-1980	7	17 - 20	0,3 m ³	70 % Organik	0,5 – 2 m Boden	Ga
W	vor 1982-heute	3,5	-	-	Siedlungsabfall	mineralische Abdeckung	B teilweise, SW, Ga
X	1966-1982	4,3	30 - 40	0,75 m ³	H, G und KS	3-lagige mineralische Abdeck.	B, SW teilweise, Ga
Y	1977-1980	2	9	0,273 m ³	H, 5 % B und Kunststoffabfall	2,5 mm PEHD, Geotextil, etc.	SW teilweise, Ga

H=Hausmüll, B=Bauschutt und Boden, hG=hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, KS= Klärschlamm, Ba=Basis, SW= Sickerwasser, Ga=Gas, Fremdw=Fremdwasser

ANHANG 2

Tab. A2.1: Berechnungsgrundlagen der einzelnen Deponien

Deponie	Abfalldichte [t/m ³]	Wassergehalt in % der FS	Abfall [t TS] für SW-Berechnung	Abfall [t TS] für Gas-berechnung	Abfallanteil mit organisch. Substanz [%]
D1	1	20	998.900	-	-
D2	1,27 (Betreiberangabe)	30	-	308.616	40
D3	0,8	30	-	302.400	60
D4	0,8 (Gutachten)	30	560.084	-	-
D5	0,7-0,85	30	1.238.930	-	-
D6	0,7	30	411.600	246.960	60
D7	1 (Betreiberangabe)	30	89.319	99.763	70
D8	0,8	30	-	120.960	90
D9	0,714	30	154.000	123.200	80
D10	1 (Betreiberangabe)	30	540.000	-	-
D11	1 (Betreiberangabe)	30	369.198	221.519	60
D12	-	-	-	-	-
D13	1 (Betreiberangabe)	30	165.900	132.720	80
D14	0,8	30	67.200	-	-
D15	1 (Betreiberangabe)	30	175.000	122.500	70
D16	0,8-0,9	30	675.150	-	-
D17	0,7-0,75	30	752.500	602.000	80
D18	0,7	30	-	485.100	45
D19,I	0,8	30	-	1.540.000	50
D19,II	1	30	-	1.592.500	35
D20	1 (Betreiberangabe)	30	-	346.683	48
D21	0,8	30	1.120.000	-	-
D22	1 (Betreiberangabe)	30	636.633	-	-
D23	1 (Betreiberangabe)	30	-	211.468	47,5
D24*	-	-	-	-	-
D25	1 (Betreiberangabe)	30	-	156.825	80
D26	1 (Luftbild erfassung)	30	-	266.000	40
D27	0,9	30	-	472.500	50

Fortsetzung Tab. A2.1

D28*	-	-	-	-	-
D29	0,75	30	1.155.000	-	-
D30	0,8	30	-	134.400	30
D31	0,7	30	875.500	525.300	60
D32*	-	-	-	-	-
D33*	-	-	-	-	-
D34	1 (Betreiberangabe)	30	943.173	613.062	65
D35	-	-	-	-	-
D36	0,8	30	-	1.189.753	47
D37	0,8-1	30	-	396.906	68
D38	0,9	30	630.000	296.100	47
D39,I	0,8	30	441.000	-	-
D40	0,9	30	1.260.000	-	-
D41	0,7	30	-	235.212	70
D42	-	-	-	-	-
D43	0,7	30	294.000	-	-
D44	1 (Betreiberangabe)	30	898.960	404.532	45
D45*	-	-	-	-	-
D46*	-	-	-	-	-
D47*	-	-	-	-	-
D48*	-	-	-	-	-
D49*	-	-	-	-	-
D50	1 (Betreiberangabe)	30	-	1.171.739	65
D51	0,9	30	630.000	-	-
A	0,9	30	693.000	415.800	60
B	0,85	30	-	386.750	65
C*	-	-	-	-	-
D*	-	-	-	-	-
E*	-	-	-	-	-
F*	-	-	-	-	-
G	0,85	30	-	458.150	70
H	0,75	30	-	472.500	50
I	0,85-1	30	1.038.100	1.658.000	60
J	0,7	30	-	235.200	40

Fortsetzung Tab. A2.1

K*	-	-	-	-	-
L*	-	-	-	-	-
M	0,7-0,9	30	701.590	1.200.500	50
N	0,9	30	6.790.000	1.363.635	15
O	0,9	30	-	1.256.850	35
P*	-	-	-	-	-
Q	0,8	30	-	1.890.000	70
R*	-	-	-	-	-
S*	-	-	-	-	-
T*	-	-	-	-	-
U	0,8	30	-	618.240	50
V	0,7	30	-	102.900	70
W*	-	-	-	-	-
X	0,7	30	-	294.000	80
Y	1,1 (Gutachten)	30	-	168.000	80

*Bei diesen Deponien wurden lediglich die SW-Analysen bzw. die Gasanalysen verwandt.

ANHANG 3

Berechnung eines 95 %-igen Vertrauensbereiches [nach LOZAN UND KAUSCH, 1998]

Der aus einer Stichprobe berechnete Mittelwert \bar{x} ist nur ein Schätzwert für den Mittelwert μ in der Grundgesamtheit. Zu diesem Schätzwert läßt sich ein Intervall angeben, das mit einer bestimmten statistischen Sicherheit den Parameter μ mit einschließt. Dieser Bereich heißt Vertrauensbereich. Es wurde angenommen, das die den Parametern zugrunde liegenden Werte normalverteilt sind.

Zur Berechnung der Vertrauensgrenzen für einen einzelnen y_i -Wert, muß man anstelle der Streuung des Regressionswertes die Streuung eines Einzelwertes in Betracht ziehen. Dadurch erhält man folgende Beziehung (Voraussagebereich für eine zukünftige Beobachtung y an der Stelle x_i):

$$Y_i \pm t_{[(n-2)/0,5\alpha]} \cdot s_{xy} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{xx}}},$$

mit t = Signifikanzschranke der Student -Verteilung mit $n-2$ Freiheitsgraden
und $\alpha/2 = 0,5$

\bar{x} = arithmetischer Mittelwert

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{YY}}{n-2}} = \text{Streuung um die Regressionsgerade mit}$$

$$\sum_{YY} = \sum_{yy} - \frac{(\sum_{xy})^2}{\sum_{xx}} \text{ mit}$$

$$\sum_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

Für die Berechnung des Vertrauensbereiches für eine exponentielle Kurve muß diese durch logarithmieren linearisiert werden, um eine Regressionskurve erhalten zu können. Danach wird sie wieder auf eine exponentielle Funktion zurückgeführt.

ANHANG 4

Tab. A4.1: Berechnungsgrundlagen für Abb. 5.7 und Abb. 5.8

Zeitraum	Min. Abdichtung		Kombinationsabdichtung		Auslaugung		In-Situ-Belüftung		Rückbau	
	CSB in mg/l	CSB-Fracht g/a	CSB in mg/l	CSB-Fracht g/a	CSB in mg/l	CSB-Fracht g/a	CSB in mg/l	CSB-Fracht g/a	CSB in mg/l	CSB-Fracht g/a
0-10 a	2000	225	2000	225	2000	225	2000	225	2000	225
11-20 a	1000	112,5	750	28,1	1000	112,5	1000	112,5	800	60
21-30 a	1000	112,5	2000	0,15	890	1000	1000	112,5	800	60
31-40 a	1000	112,5	2000	0,15	710	800	300	33,8	800	60
41-50 a	1000	112,5	2000	0,15	400	45	200	22,5	800	60
51-60 a	200	22,5	2000	0,15	200	22,5	200	22,5	600	45
61-70 a	200	22,5	2000	0,15	100	11,3	130	14,6	600	45
71-80 a	200	22,5	2000	0,15	50	5,6	130	14,6	600	45
81-90 a	200	22,5	2000	0,15	30	3,4	90	10,1	600	45
91-100 a	200	22,5	2000	0,15			90	10,1	600	45
101-150 a	130	14,6	1000 - 2000	4,8			70	7,9	400	30
151-200 a	110	12,4	1500	22,5			55	6,2	200	15
201-250 a	90	10,1	1500	33,8			30	3,4	130	9,8
251-300 a	80	9,0	1500	45					80	6
301-350 a	70	7,9	1000	37,5					50	3,8
351-400 a	60	6,8	800	36					30	2,3
401-450 a	55	6,2	600	31,5						
451-500 a	50	5,6	400	24						
501-550 a	30	3,4	200	13,5						
551-600 a			130	9,8						
601-650 a			110	9,1						
651-700 a			90	8,1						
701-750 a			80	7,8						
751-800 a			70	6,83						
801-850 a			60	6,8						
851-900 a			55	6,2						
901-950 a			50	5,6						
951-1000a			30	3,4						
Summe		11672 g		18123 g		22252 g		6650 g		10238 g