

9200.06.04 Sanierung der Deponie Georgswerder in Hamburg

Schnittger, Peter *Dipl.-Ing. Peter Schnittger, Hamburg*

Inhaltsübersicht

	Rdnr.
1 Vorwort	1 – 2
2 Einführung	3 – 15
2.1 Aufbau, Geologie, Hydrologie	3 – 5
2.2 Schadstoffpotential	6 – 9
2.3 Gefährdungspotential	10 – 13
2.4 Sanierungsziele	14 – 15
3 Sanierungskonzept	16 – 41
3.1 Sanierungskonzept – Stand 1985	6 – 22
3.2 Neue Erkenntnisse und konzeptionelle Änderungen 1985 – 1995	23 – 39
3.3 Sanierungskonzept – Stand 1995	40 – 41
4 Sanierungsmaßnahmen	42 – 71
4.1 Abdeckung	42 – 56
4.2 Sickerflüssigkeiten	57 – 63
4.3 Grundwassersanierung	64 – 69
4.4 Deponiegas	70 – 71
5 Überwachung	72
6 Arbeitsschutz	73
7 Zukünftige Nutzung	74 – 75
8 Kosten und Finanzierung	76 – 78
9 Beteiligung Betroffener	79 – 81
10 Erfahrungen und Ausblick	82 – 89
11 Literatur	

Schlagwortübersicht nach Rdnr.

Abdeckung

Handbuch der Altlastensanierung	
– Aufgabenabdeckung, – Aufgaben	42
– Beschaffenheitabdeckung, – Beschaffenheit	45
– FußpunktAbdeckung, – Fußpunkt	49
ArbeitsschutzArbeitsschutz	52, 58
BauausführungBauausführung	51
BenzolBenzol	8
ChlorbenzoleChlorbenzole	8
ChlorkohlenwasserstoffeChlorkohlenwassersto	8
EntgasungEntgasung	70
Flexibilität der PlanungFlexibilität der Planung	83
FlotationsanlageFlotationsanlage	63
FlüssigkeitsbehandlungFlüssigkeitsbehandlung	59
FörderbrunnenFörderbrunnen	37
GrundwasserreinigungGrundwasserreinigung	69
Hauptkomponenten des SanierungskonzeptsHauptkomponenten des Sanierungskonzepts	40
Hydraulische MaßnahmenHydraulische Maßnahmen	37
InformationspolitikInformationspolitik	79
KostenheranziehungsbescheideKostenheranzie	7
Mathematische ModelleMathematische Modelle	84
Mehrschichtiges AbdecksystemMehrschichtiges Abdecksystem	24
NutzungsgesichtspunkteNutzungsgesichtspunk	87
NutzungsmöglichkeitenNutzungsmöglichkeiten	75
QualitätsstandardsQualitätsstandards	86
SchadstofftransportSchadstofftransport	28
SchüttgutumschlaganlageSchüttgutumschlagan	52
Seveso-DioxinSeveso-Dioxin	7

Handbuch der Altlastensanierung	
Sickerwassererfassung	58
Vegetation	27
Wasserentnahmestrategie	66

1 Vorwort

1

Die ehemalige Hausmülldeponie der Stadt Hamburg wurde noch während der Rekultivierungsarbeiten zu einem Sanierungsfall, nachdem Ende 1983 in den aus dem Müllberg aussickernden Flüssigkeiten des hochgiftigen Seveso-Dioxin entdeckt worden war. Das Sanierungskonzept wurde im April 1985 vom Senat der Freien und Hansestadt beschlossen. Die Bauarbeiten laufen seit Anfang 1986, sie werden 1997 beendet sein. Danach beginnt die zeitlich nicht absehbare Betriebsphase.

2

Mit der Sanierung der Deponie Georgswerder wurde seinerzeit technisches Neuland betreten. Die begleitenden Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie die Bau- und Betriebserfahrungen haben die Entwicklung von Sanierungstechnologien stark beeinflusst. Georgswerder war und ist auch zukünftig ein Pilotprojekt der Altlastensanierung.

2 Einführung

2.1 Aufbau, Geologie, Hydrologie

3

Die Deponie liegt im Urstromtal der Elbe, im Stadtteil Wilhelmsburg, einer eingedeichten Elbinsel. Nach dem 2. Weltkrieg diente die Deponie als zentrale Abfallbeseitigungsanlage der Hansestadt. Sie wurde bis 1979 mit Haus- und Sperrmüll sowie Bau- und Trümmerschutt beschickt. So entstand in damaliger Deponietechnik eine Hügeldeponie von ca. 40 m Höhe auf einer Fläche von ca. 45 ha, das Volumen beträgt ca. 7 Mio m³. In der Zeit von 1967 bis 1974 wurden zusätzlich Sonderabfälle der Industrie angeliefert – ca. 150000 m³ mit flüssigen sowie ca. 100000 Fässer mit pastösen und festen Abfällen. Diese Abfälle wurden in gesonderten Flüssigkeitsbecken bzw. Faßlagern konzentriert eingebracht. Insbesondere der flüssige Abfall wurde mit Hausmüll vermischt, um ihn so zu binden.

4

Geologisch gesehen steht die Deponie auf holozänen Weichschichten (Klei, Torf, Mudde) mit einer Mächtigkeit von 0,5 bis 7,0 m, die durch Kleiabbau und Bombentrichter geschwächt sind. Das Ursprungsgelände liegt bei 0,5 bis 1,5 m ü.NN. Darunter liegt der oberflächennahe Grundwasserleiter (15 bis 20 m mächtig), bestehend aus Fein- und Mittelsanden über grobkiesigen Sanden. Unterliegend befindet sich tertiärer Glimmerton (ca. (C) 2001 C. F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG Heidelberg

Handbuch der Altlastensanierung
40 m mächtig), ihm folgen tertiäre Braunkohlensande.

5

Die Hydrologie wies zu Beginn der Sanierung einen Stauflüssigkeitskörper innerhalb der Deponie mit einer Spiegelhöhe von ca. 14 m ü.NN aus, das Volumen wurde seinerzeit auf 1 000 000 Mio. m³ geschätzt. Der Grundwasserspiegel ist gespannt und liegt im Mittel bei + 0,3 m ü.NN, er ist tideabhängig. Die Fließrichtung des oberflächennahen Grundwassers ist südwestlich bei ca. 20 m pro Jahr gerichtet. Man rechnet mit einer flächigen Absickerung der Stauflüssigkeiten von ca. 80 000 m³ pro Jahr bei abnehmender Tendenz infolge absinkenden Stauwasserpotentials. Lateral fließen ca. 15 000 bis 20 000 m³ ab.

Abb. 1: *Lage der Flüssigkeitsbecken und Faßläger*

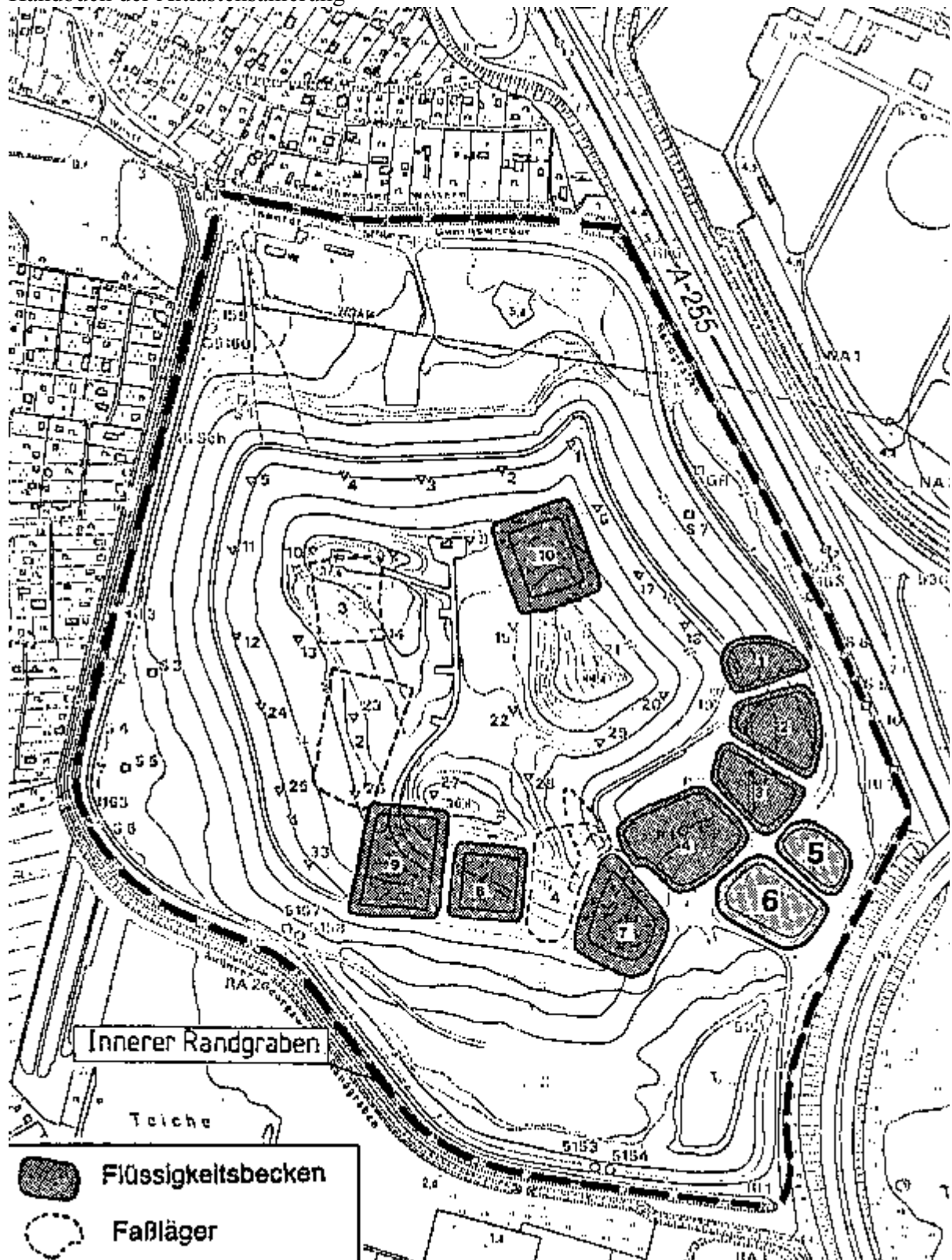
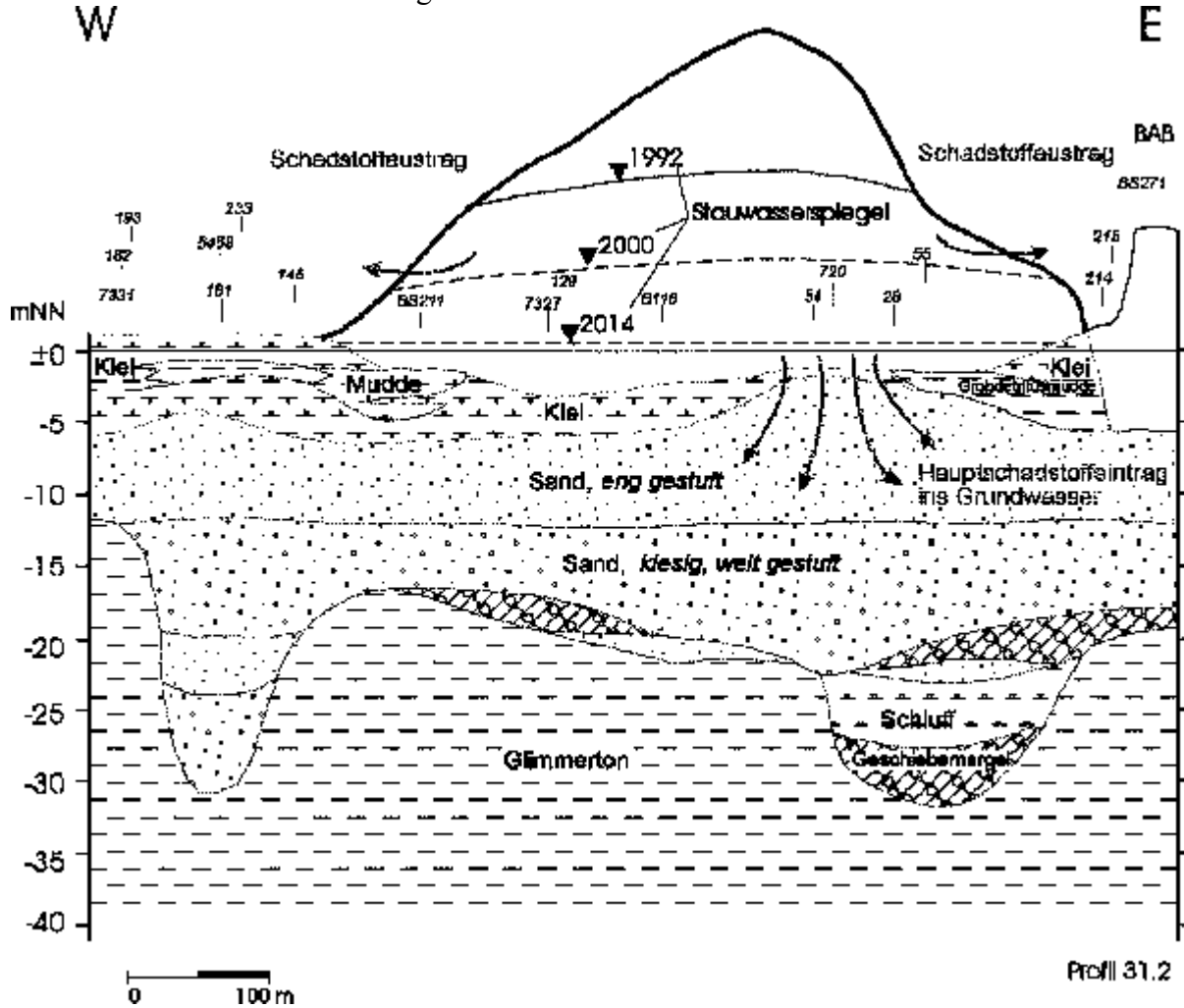


Abb. 2: Profilschnitt durch die Deponie



2.2 Schadstoffpotential

6

Hauptanlieferer der Sonderabfälle waren Betriebe der chemischen, Mineralöl- und mineralölverarbeitenden Industrie mit den Abfallarten

- bituminöse Rückstände,
- Chlorkohlenwasserstoffe (Per- und Trichlorethen, HCH, Tetrachlorbenzole u. a.),
- Lösungsmittel (Benzol, Toluol, Xylol),
- Naphthalin,
- Raffinationsrückstände,
- Ölabfälle (Altöl, Bohrölemulsionen, Leichtstoffabscheider- und Tankreinigungsrückstände),
- Phenolharzemulsionen,
- Schlämme (Klärschlämme, aus Kunstharzherstellung, aus Naßentstaubung),
- Abfälle aus der Schmierölverarbeitung (Bleicherden, Sulföseifen).

7

Demnach überwiegen bei weitem organische Sonderabfälle, während schwermetallhaltige Abfälle nur in sehr geringen Anteilen abgelagert wurden. Leitparameter ist 2,3,7,8-TCDD, das sog. **Seveso-Dioxin**. Es ist in den Sickerölen der Deponie mit 15 bis 75 µg/kg nachgewiesen worden.

8

Im Stauwasser sind wegen ihrer Mobilität besonders die leichtflüchtigen **Chlorkohlenwasserstoffe**, das **Benzol** und in geringerem Maße die **Chlorbenzole** zu beachten. In der Wasserphase erreichen die LCKW-Konzentrationen bis zu 10 000 µg/l und die Benzolkonzentrationen bis zu 1000 µg/l, während für Chlorbenzol Summenwerte von über 20 000 µg/l ermittelt wurden.

9

In den Ölen der Deponie sind demgegenüber die organischen Schadstoffe teilweise mehr als tausendfach höher konzentriert. Das gesamte in öliger Phase abgelagerte CKW-Inventar der Deponie umfaßt dementsprechend die Größenordnung von mehreren tausend Tonnen.

2.3 Gefährdungspotential

10

Die Entdeckung des Dioxins hat deutlich gemacht, daß die Deponie ihren eigentlichen Zweck, die abgelagerten Stoffe, insbesondere die Sonderabfälle, auf Dauer zu binden, nicht (mehr) erfüllte. Hauptursachen für die beobachtete Freisetzung sind

- physikalisch-chemisch-biologische Prozesse im Deponieinnern,
- das Eindringen von Niederschlag wegen Fehlens einer dichten Abdeckung; das so gebildete Stauwasser mobilisiert die Schadstoffe und gibt diese lateral und vertikal an die Umwelt ab.

11

Das führt zu einer Gefährdung der die Deponie umgebenden Oberflächengewässer, zu einer Belastung des Grundwassers (vor allem durch LCKW und Benzole), sowie zu einer Gefahr des direkten Kontaktes von Lebewesen im Bereich der Sickerflüssigkeitsaustritte.

12

Die durch biologische Abbauprozesse entstehenden Deponiegase stellen lediglich eine Beeinträchtigung für den Pflanzenwuchs dar.

13

Das als hoch einzustufende Gefährdungspotential der Deponie ergibt sich einerseits aus den genannten Ausbreitungspfaden und den dadurch betroffenen Schutzgütern, andererseits aus der großen Menge hochgiftiger Schadstoffe.

2.4 Sanierungsziele

14

Neben den grundsätzlichen Zielen

- Schutz der in der Umgebung wohnenden und an der Sanierung arbeitenden Menschen vor Kontakt mit Schadstoffen,
- Verhinderung der weiteren Ausbreitung von Schadstoffen sowie
- Minderung des Schadstoffpotentials

15

sind konkrete Ziele vorgegeben:

- Minimierung der Schadstoffmobilisierung durch eindringende Niederschläge,
- Verhinderung des lateralen Aussickerns der Stauflüssigkeiten,
- Fassung und Abführung der sich ständig neubildenden Deponiegase,
- Schutz des Grundwassers.

3 Sanierungskonzept

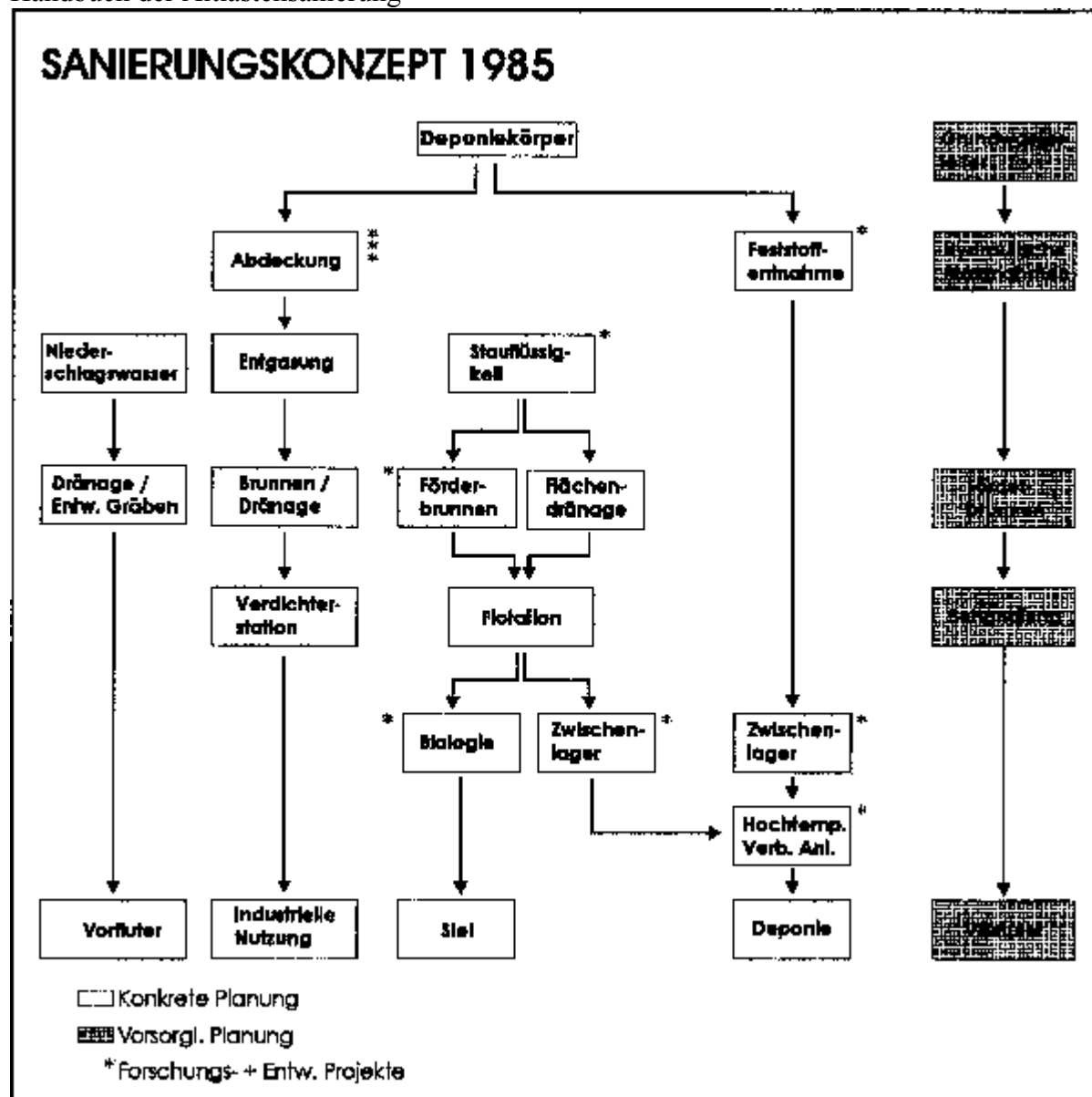
3.1 Sanierungskonzept – Stand 1985

16

Ein voller Abtrag der Deponie und damit eine wirkungsvolle Beseitigung des gesamten Gefährdungspotentials wurde wegen der damit verbundenen Umweltrisiken und des Fehlens von Wiederablagerungsmöglichkeiten ausgeschlossen. Das 1985 vorgelegte Sanierungskonzept sah statt dessen eine Kombination verschiedener Sicherungs- und Dekontaminationsstrategien mit folgenden Hauptkomponenten vor:

- Neuabdeckung der Deponie mit Dichtmaterialien;
- Aktiver Entzug der Stauflüssigkeiten aus der Deponie;
- Sicherstellung des Grundwasserschutzes durch Herstellung einer Dichtwand oder/und durch hydraulische Maßnahmen;
- Bau einer Sickerflüssigkeitsbehandlungsanlage;
- Bau einer Hochtemperaturverbrennungsanlage; bis zu deren Inbetriebnahme Bau eines Zwischenlagers auf der Deponie;
- Deponierung der Reststoffe aus der Verbrennungsanlage;
- Fassung und Nutzung der Deponiegase.

Abb. 3: *Sanierungskonzept 1985*



17

Unter Berücksichtigung der Notwendigkeit, der Dringlichkeit, aber auch des Standes der jeweiligen Realisierbarkeit wurde ein stufenweises Vorgehen vorgesehen:

- Schnell und vorrangig zu realisierende Maßnahmen:
 - Abdeckung des oberen Bereiches der Deponie;
 - Bau einer ersten Stufe einer umfassenden Sickerflüssigkeitsreinigungsanlage (Flotation).

18

- Konkrete Maßnahmeplanungen:

(C) 2001 C. F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG Heidelberg

- Grundwasserschutz durch Bau einer in den Glimmerton einbindenden Dichtwand oder durch einen Ring von Förderbrunnen im ersten Grundwasserleiter;
- Planung einer Hochtemperaturverbrennungsanlage (HTVA);
- Planung eines Silolagers als Zwischenlager;

19

- Untersuchungen mit dem Ziel der Entwicklung und Beurteilung von weiteren Sanierungsmaßnahmen:
 - Behandlung der Stauflüssigkeiten aus der Deponie in einer zweiten Behandlungsstufe;
 - aktiver Entzug der Stauflüssigkeiten aus der Deponie;
 - Untersuchung von Verfestigungsverfahren zur Fixierung von Schadstoffen.

20

- Flankierende und absichernde Untersuchungen:
 - Wasserhaushalt mehrschichtiger Abdecksysteme;
 - Langzeitverhalten von Deponiegasen;
 - vertikale Ausbreitung von Grund- und Sickerwässern im Glimmerton;
 - Dioxinanalytik.

21

- Gegenüber dem Stand von 1985 wurden zusätzliche Untersuchungen durchgeführt:
 - Vor-Ort Schnellanalytik;
 - Entnahme von kontaminierten Böden und Abfällen;
 - Prognose des Schadstofftransports im Deponieuntergrund;
 - Vegetation der neuen Abdeckung.

22

Die beschriebenen Planungen und Untersuchungen wurden überwiegend im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten durchgeführt.

3.2 Neue Erkenntnisse und konzeptionelle Änderungen 1985 bis 1995

23

Ergebnisse aus den Forschungsprojekten sowie die ökonomische Entwicklung haben zu nachfolgend dargestellten wichtigen Erkenntnissen und Einschätzungen geführt, die insgesamt eine Modifizierung des Sanierungskonzeptes von 1985 zur Folge hatten:

24

Das **mehrschichtige Abdecksystem**, bestehend aus einer Rekultivierungs- und Dränageschicht sowie einer Kunststoffdichtungsbahn (PEHD) und einer bindigen mineralischen Dichtungsschicht (Mergel), hat sich als gut wirksam herausgestellt. Dies zeigen die Ergebnisse eines entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsprojektes, die Überwachung des Abdecksystems sowie ein bereits zu beobachtender Rückgang der Staufflüssigkeiten von ca. 14 m ü.NN auf ca. 11 m ü.NN. Es hat sich gezeigt, daß die Kunststoffdichtungsbahnen neben der ursprünglichen Aufgabe einer Wurzel- und Nagetiersperre eine ganz wesentliche Funktion als Dichtungselement übernehmen. Im Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde nachgewiesen, daß das Schichtenpaket aus Decksstrat mit Drainage und PEHD-Bahn über 99 % des Niederschlags über Verdunstung bzw. lateralen Abfluß oberhalb der Dichtungsbahn zurückhält. Bei ca. 800 mm Jahresniederschlag verdunsten dabei ca. 60 bis 70 %, ca. 30 bis 40 % fließen lateral als Drainageabfluß ab. Der Oberflächenabfluß macht nur ca. 1 % aus, die Dichtungsdurchsickerung auf der oberen Abdeckung ca. 0,4 % (ca. 3 mm pro Jahr).

25

Die mineralische Dichtungsschicht ohne aufliegende Kunststoffdichtungsbahnen altert sehr schnell; es entstehen Schrumpfrisse, eine Selbstheilung ist nicht gegeben. Die beobachteten erhöhten Durchlässigkeiten stellen den Einsatz dieser Dichtungsschicht bei anderen Sanierungsmaßnahmen stark in Frage. Durch ein neues Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Rahmen der Sanierung der Deponie Muggenburger Straße sollen daher alternative Abdecksysteme entwickelt werden.

26

Die Erfahrung bei der Herstellung der neuen Abdeckung hat darüber hinaus gezeigt, daß der Einbau der bindigen mineralischen Dichtungsschicht sehr stark witterungsabhängig ist, was u. a. zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen führt (10 Jahre Bauzeit bei Georgswerder).

27

Der **Vegetation** kommt eine wesentliche Rolle sowohl bei der Verdunstung als auch beim Schutz der Abdeckung gegen Erosion zu. Ein entsprechendes Forschungs- und Entwicklungsprojekt ergab, daß sich auf der neuen Abdeckung innerhalb von fünf Jahren überwiegend hochdeckende, stabile Grünlandpflanzengesellschaften gebildet haben. Allerdings sind nach wie vor Tiefwurzler (z. B. Meerrettich, Disteln) vorhanden. Die Flächendrainage wird teilweise durchwurzelt. Auf Gehölzpflanzungen in Bereichen mit nur in Fallrichtung verschweißter verlegter PEHD-Bahn wird deshalb weitgehend verzichtet.

28

Die Staufflüssigkeiten sickern lateral nach außen in die Oberflächengewässer und vertikal durch die Weichschichten in den ersten Grundwasserleiter. Man rechnete seinerzeit damit, daß nach Aufbringen einer neuen dichten Abdeckung die Flüssigkeiten – vornehmlich Wasser – in ca. 25 Jahren von selbst absinken würden. Ziel eines aktiven, forcierten Entzuges war es, diese Frist abzukürzen und so das Gefährdungspotential entscheidend zu verringern. Insbesondere die Ergebnisse aus dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt "Prognose des **Schadstofftransports** im Deponieuntergrund" führten dazu, daß einige unsichere Annahmen

Handbuch der Altlastensanierung

zunehmend konkreter und belastbarer für die weitere Planung verwandt werden könnten. Besonders hervorzuheben sind:

29

- Mit einer Erosion der Weichschichten und einem damit verbundenen massiven Schadstoffdurchbruch ist nicht zu rechnen.

30

- Die Weichschichten unterhalb der Deponie können gesichert als Filter gegenüber der Ölphase angesehen werden. Ein Schadstofftransport findet lediglich über den Wasserpfad für gelöste Schadstoffe statt.

31

- Die jährlich durch die Weichschichten dem Grundwasser zusickernde Wassermenge beträgt gegenwärtig ca. 80 000 m³ (frühere Annahme 57 000 m³) mit abnehmender Tendenz.

32

- Der oberflächennahe Grundwasserleiter ist bereits erheblich kontaminiert (LCKW, Benzole). Ein Stauflüssigkeitsentzug würde den Aufwand an Maßnahmen, die am Grundwasser ansetzen müssen, nur geringfügig reduzieren.

33

- Ein kurzfristig ansetzender forcierter Stauflüssigkeitsentzug könnte nur noch ca. die Hälfte des derzeit vorhandenen Stauflüssigkeitskörpers fördern, wobei nur ca. 1/5 der ursprünglich ca. 150 000 t eingelagerten flüssigen Sonderabfälle entzogen werden würden.

34

- Das passive Absinken der Stauflüssigkeiten dauert nach Aufbringen des neuen Abdecksystems 15 bis 30 Jahre.

35

- Auch nach Absinken der Stauflüssigkeiten bleibt eine nicht förderbare Restmenge oberhalb der Weichschichten. Da der Grundwasserspiegel ca. 1,50 m oberhalb der Deponiesohle liegt, findet über Diffusion auf Dauer ein Schadstofftransport in das Grundwasser statt. Angesichts der hohen Kosten für die Förderung, Reinigung und Beseitigung von Reststoffen, insbesondere der Öle, und wegen der relativ geringen Wirksamkeit wurde unter Gefährdungsgesichtspunkten auf eine umfassende aktive Entnahme von Stauflüssigkeiten verzichtet. Dies ist eine wesentliche Änderung des Sanierungskonzeptes von 1985.

36

Dagegen müssen die seitlich austretenden Sickerflüssigkeiten in einer Flächendränage im

Fußpunkt des neuen Abdecksystems gefaßt und einer Behandlungsanlage zugeführt werden.

37

- 1985 war die Frage noch offen, ob der Schutz des Grundwassers durch eine in den Glimmerton einbindende tiefe Dichtwand oder aber durch **hydraulische Maßnahmen** (Förderbrunnen) erfolgen soll. In den Folgejahren wurde entschieden, den Grundwasserschutz durch die Anlage eines Systems von **Förderbrunnen** sicherzustellen, da die Herstellung einer derartig tiefen Wand (ca. 50 m) seinerzeit noch technisch problematisch war und ein so hergestellter "Topf" auf Dauer hydraulisch hätte bewirtschaftet werden müssen, um ein nach innen gerichtetes Gefälle zu erzeugen. Als Ergebnis von umfangreichen Grundwassermodellrechnungen war eine reine hydraulische Lösung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit technisch gleichwertig und unter Kostengesichtspunkten wesentlich günstiger.

38

Auf der Basis dieser Entscheidung sollte ein Entnahmesystem zunächst nur entwurfsreif geplant und bei Bedarf schnell umgesetzt werden. Allerdings ergaben Erkenntnisse im Rahmen der intensiven Grundwasserüberwachung und aufgrund der Ergebnisse der umfassenden Untersuchungen und Modellrechnungen zum Schadstofftransport im Deponieuntergrund neue Erkenntnisse:

- das Grundwasser unterhalb der ehemaligen Flüssigkeitsbecken ist stark mit Schadstoffen verunreinigt,
- die Schadstoffe LCKW und Benzole haben sich in einer Fahne im ersten Grundwasserleiter bereits bis zu 350 m über die südwestliche Deponiegrenze hinaus ausgebreitet,
- die Wanderungsgeschwindigkeit der Schadstofffahne im Grundwasser beträgt ca. 15 bis 20 m/a,
- auch für die Zukunft ist von einem dauerhaften Eintrag auszugehen.

39

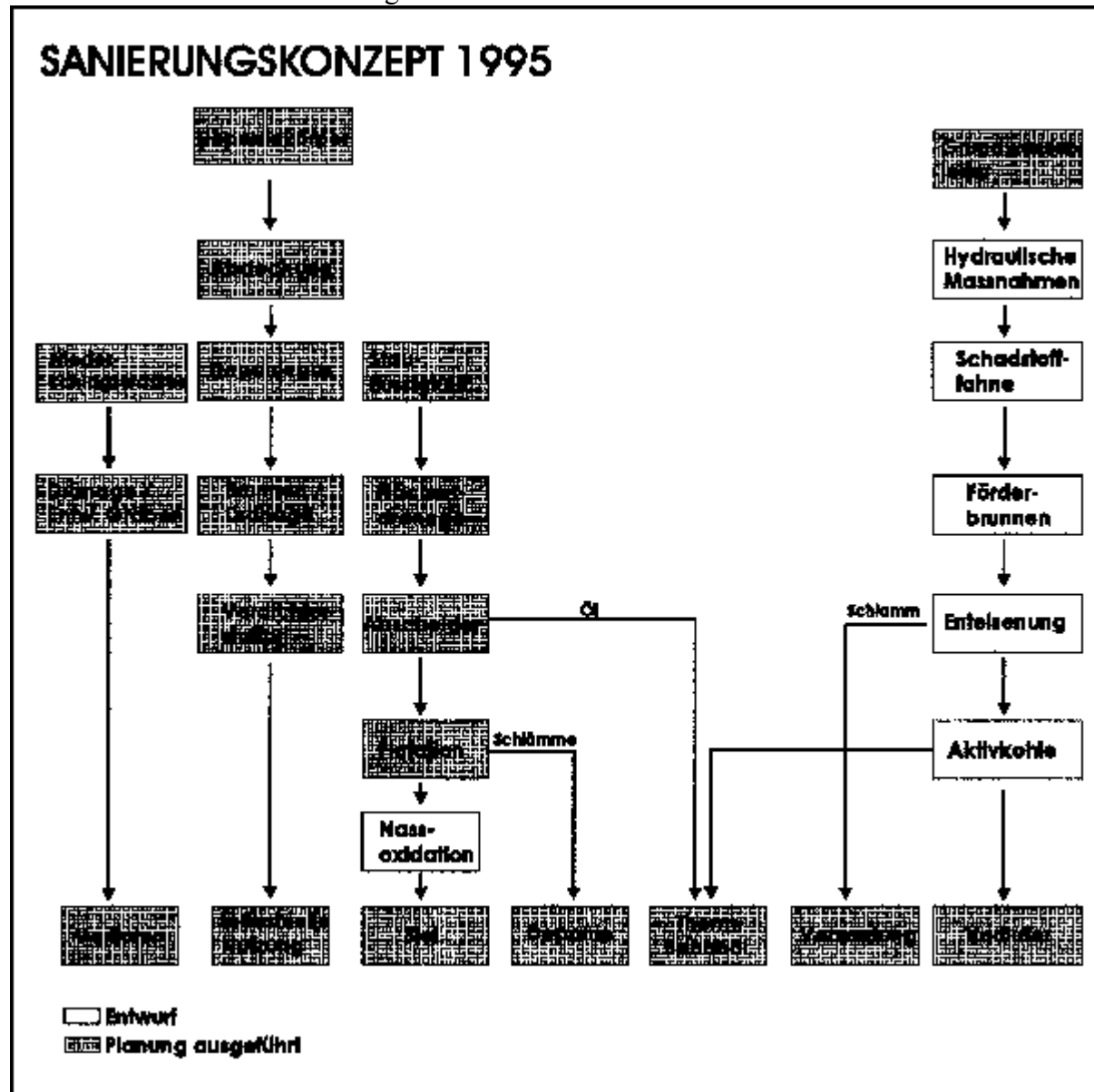
Die großflächige Verunreinigung des ersten Grundwasserleiters und der weiter zu erwartende Schadstoffeintrag machen heute Sanierungsmaßnahmen unumgänglich.

3.3 Sanierungskonzept – Stand 1995

40

Das aufgrund der neuen Erkenntnisse aktualisierte **Sanierungskonzept** besteht nunmehr nur noch aus zwei **Hauptkomponenten**:

Abb. 4: *Sanierungskonzept 1995*



- Fertigstellung der neuen Abdeckung mit integrierten Systemen zur Fassung von Deponiegasen und Sickerflüssigkeiten einschließlich deren schadloser Beseitigung und
- Bau eines Förderbrunnensystems im oberflächennahen Grundwasserleiter mit entsprechenden Reinigungsanlagen.

41

Auf den Bau einer Hochtemperaturverbrennungsanlage und im Zusammenhang damit vorgesehenen Zwischenlagern kann verzichtet werden (s. Abb. 4 S. 13).

4 Sanierungsmaßnahmen

4.1 Abdeckung

42

Die neue **Abdeckung** hat folgende Funktionen und Anforderungen zu erfüllen:

- Weitestgehende Minderung der in den Deponiekörper eindringenden Wassermengen;
- Getrennte Fassung und Ableitung des oberhalb der Dichtung anfallenden, nicht kontaminierten Wassers und des aus dem Deponiekörper austretenden kontaminierten Stauwassers;
- Weitgehende Unterbindung unkontrollierter Austritte der in der Deponie entstehenden Gase in die Atmosphäre;
- Wiedereingliederung der Deponie in ihr natürliches Umfeld und Erhöhung der Verdunstung durch Begründung der Deponie in Kombination mit Büschen und Bäumen.

43

Die Abdeckung muß neben ihrer Dichtungsfunktion noch folgenden Anforderungen Rechnung tragen:

- Erosionssicherheit;
- Sicherheit gegen Beschädigung durch tiefreichende Pflanzenwurzeln und tiefgrabende Tiere;
- Rutschsicherheit der einzelnen Schichten;
- Anpassungsfähigkeit an die Setzungen der Deponie.

44

Die **Abdeckung** ist in zwei Schritten ausgeführt worden. Zuerst wurde der Kuppenbereich als sog. obere Abdeckung oberhalb des Stauflüssigkeitsspiegels von 14 m u.NN ausgeführt (Fläche ca. 15 ha). Danach wurde der restliche Teil abgedeckt. Da bei dieser unteren Abdeckung mit einer Beaufschlagung von Stauflüssigkeiten zu rechnen war, ist der Regelaufbau entsprechend verändert worden.

45

Obere Abdeckung:

- Mindestens 0,35 m Ausgleichsschicht aus Ton und schlufffreiem Sand/Kies mit der Körnung 0,1 bis 3,0 mm als Gasdränage zur kontrollierten Ableitung von Deponiegas.
- 0,60 m mineralische Dichtung (Geschiebemergel) mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $K < 10^{-9}$ m/s zur Begrenzung des Sickerwasserzuflusses in die Deponie und der unkontrollierten Gasaustritte.
- 1,5 mm PEHD Kunststoffbahn, in der Horizontalen überlappend verlegt, in Fallrichtung verschweißt, mit sandrauher Oberfläche, 1 bis 2 mm hohen Stegen an der Oberseite und 65 mm hohen Spikes an der Unterseite (gegen Abgleiten).
- 0,25 m Flächendränage zur Abführung des schadstofffreien Sickerwassers aus grobsandigem Feinkies mit einem Durchlässigkeitswert von $K < 5 \times 10^{-4}$ m/s und einer

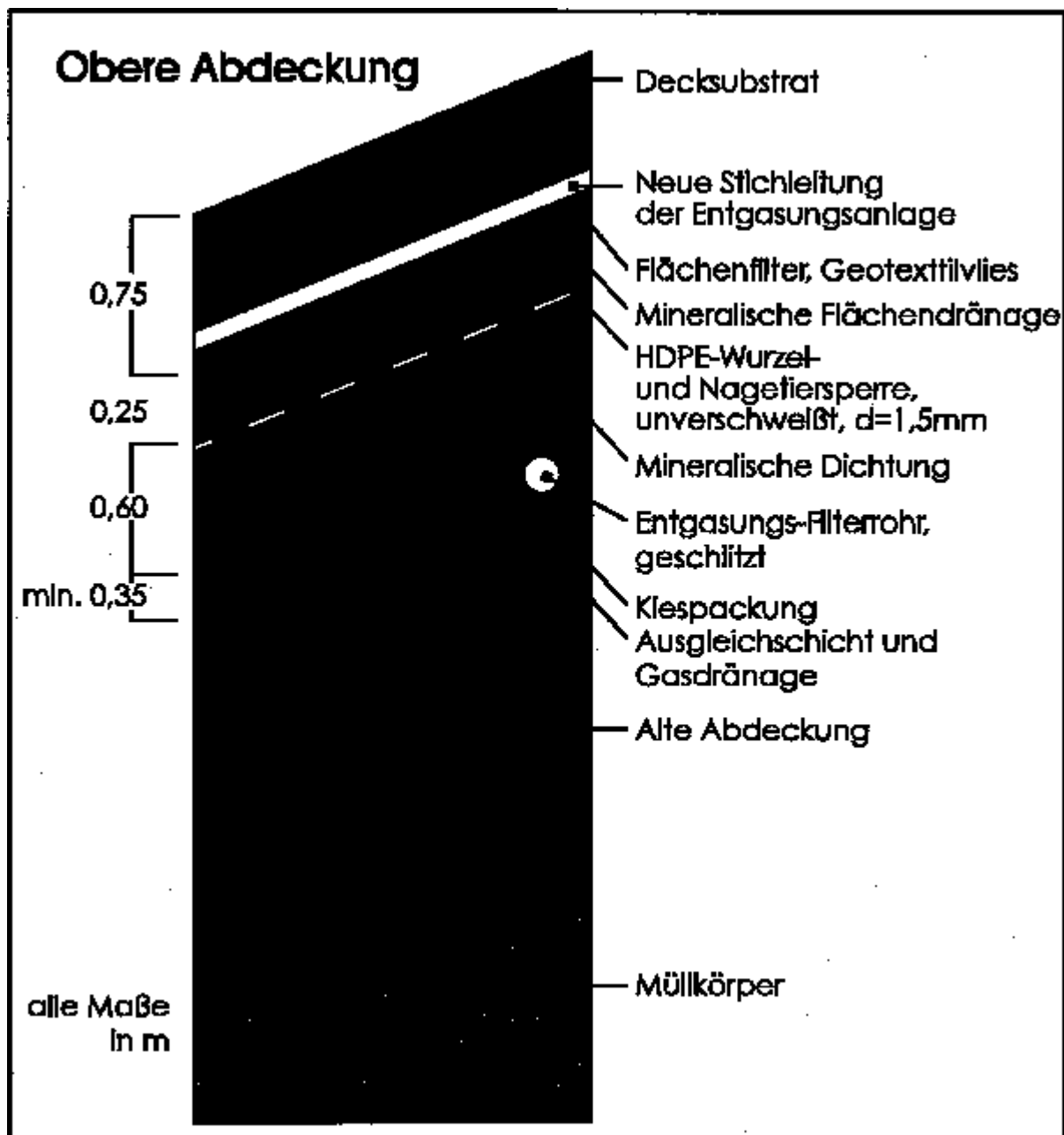
Körnung von 0,5 bis 8 mm.

- Geotextilvlies (450 g/m²), um den Eintrag von Feinteilen aus dem Decksustrat in die Dränschicht zu verhindern.
- Mindestens 0,75 m kulturfähiger Boden (Decksustrat) als Wurzelraum sowie Wasser- und Nährstoffspeicher für die Vegetation, obere 0,25 m mit 4 bis 8 % Humusgehalt.

46

Das gesamte Schichtenpaket hat eine Stärke von etwa 2 m und eine Mindestneigung von 4 %.

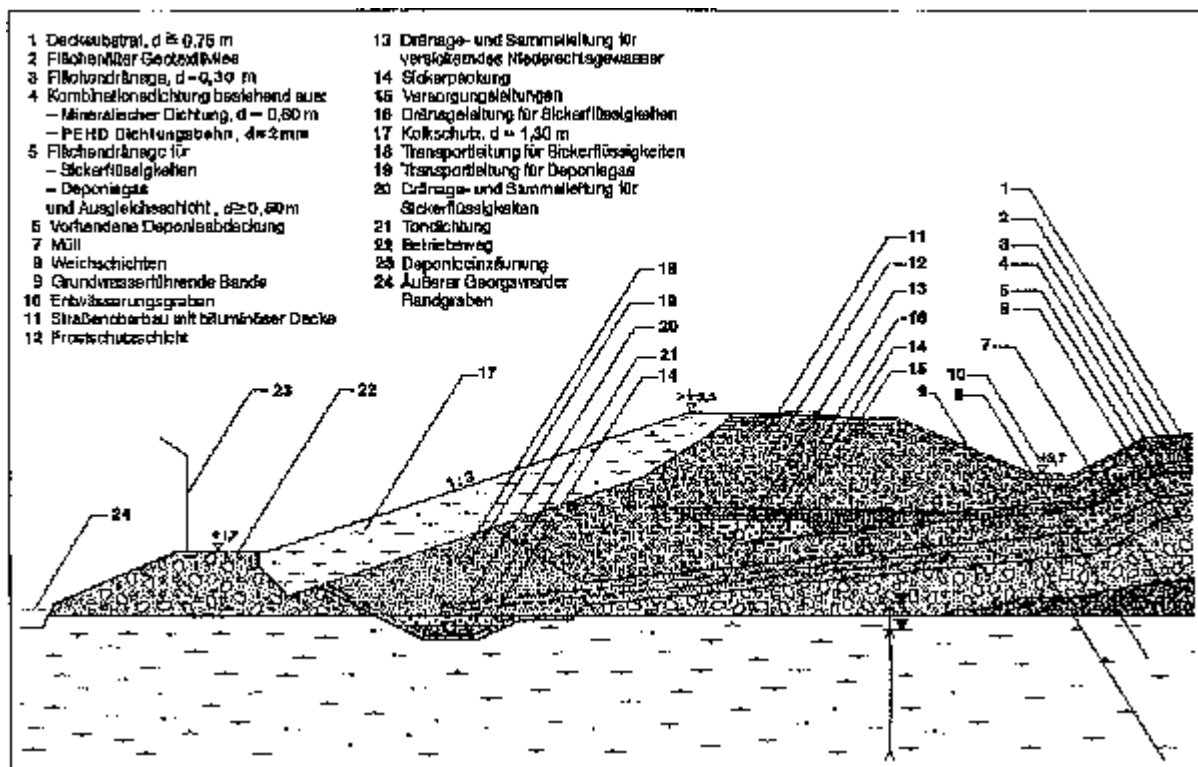
Abb. 5: Schichtaufbau der oberen Abdeckung



Untere Abdeckung:

- 0,50 m Ausgleichs- und Flächendränageschicht zur Ableitung von Deponiegas und Sickerflüssigkeiten, 0,20 m Sand- und Kiesgemisch (ton- und schlufffrei), darüber 0,30 m Kies (4 bis 32 mm),
- Trennvlies, Geotextil 450 g/m², aus PEHD,
- Kombinationsdichtung aus 0,60 m mineralischer Dichtung und 2 mm starker allseits verschweißter PEHD-Kunststoffdichtung,
- 0,30 m mineralische Flächendränage,
- Flächenfilter aus Geotextilvlies,
- 0,75 bis 2,0 Deckschicht je nach Bepflanzung.

Abb. 6: Ausbildung des Fußpunktes der Abdeckung



48

Für die Oberflächengestaltung wurde ein Mindestgefälle von 6 % gewählt, um auch bei Setzungen den Niederschlagsabfluß gewährleisten zu können.

49

Besondere Sorgfalt wurde auf die Ausbildung des **Fußpunktes** der Abdeckung gelegt. Dieser hat mehrere Funktionen zu erfüllen:

- Anbindung an die vorhandene natürliche Weichschicht,

Handbuch der Altlastensanierung

- Aufnahme der Sammelleitung der Flächendränage für aussickernde Stauflüssigkeiten, der Gasringleitung und der unteren Betriebsstraße,
- aus Gründen des Hochwasserschutzes wurde der Fußpunkt deichartig ausgebildet.

50

Das das Decks substrat durchsickernde saubere Wasser wird in der Flächendränage oberhalb der PEHD-Dichtungsbahnen gesammelt und in einer Sammelleitung dem Wilhelmsburger Be- und Entwässerungssystem zugeführt (siehe Abb. 6 S. 17).

51

Besondere Anforderungen wurden an die **Bauausführung** gestellt:

52

- Aus **Arbeitsschutzgründen** wurde eine **Schüttgutumschlagsanlage** errichtet. Die Verteilung der neuen Abdeckmaterialien auf der Deponie erfolgte mit einem eigenen Transportsystem mittels Spezialfahrzeugen. Die Dekontamination reparaturbedürftiger Fahrzeuge erfolgte durch eine gesonderte Waschhalle. Für Personen wurde eine Schwarz-Weiß-Anlage errichtet.

53

- Wegen der starken Witterungsabhängigkeit der mineralischen Dichtung mußte vertraglich eine Bauzeit von April bis Oktober vereinbart werden. Trotz dieser Einschränkungen waren die Ausfallzeiten noch erheblich.

54

- Die PEHD-Dichtungsbahn wurde im Heizkeilverfahren mit einer Doppelnaht und einem dazwischenliegenden Prüfkanal verschweißt.

55

- Eine Wellenbildung der PEHD-Dichtungsbahn durch Sonneneinstrahlung wurde durch eine unmittelbar folgende Kiesaufschüttung eingeschränkt.

56

- Die Qualitätssicherung erfolgte sowohl durch eine vertraglich vereinbarte Eigenüberwachung durch die ausführende Firma als auch durch Fremdüberwachung durch den Auftraggeber. Es wurde auf der Baustelle ein Erdbaulabor eingerichtet.

4.2 Sickerflüssigkeiten

57

Auf die aktive Entnahme von Stauflüssigkeiten wurde – wie dargestellt – verzichtet. Der hohe Flüssigkeitsspiegel im Innern der Deponie führt jedoch dazu, daß laterale Flüssigkeiten dem neuen Fußpunkt der Deponieabdeckung zusickern. Diese werden in einer

Handbuch der Altlastensanierung

Flächendränage und durch ein integriertes System von Dränageleitungen unterhalb der Abdeckung gefaßt und einer Ringleitung zugeführt. Z. Z. fallen ca. 2 m³/h an.

58

Aus Arbeitsschutzgründen ist die **Sickerwassererfassung** als geschlossenes System ausgeführt. Die Sammelleitung enthält 44 Pump-, Kontroll- und Umlenkschächte. Sie müssen in der normalen betrieblichen Handhabung nicht bestiegen werden. Zur Vermeidung von Emulsionen werden langsamlaufende, ex-geschützte und sickerflüssigkeitsresistente Exzenter-Schneckenpumpen eingebaut.

59

Die **Behandlung der Flüssigkeiten** erfolgt in einer dreistufigen Anlage:

1. Stufe:

60

Leichtstoffabscheidung, zweistraßig, Arbeitsweise nach dem Schwerkraftprinzip, Öldichte <0,98 g/ml, max. Durchfluß 20 m³/h, geschlossenes System. Die Leichtstoffe werden in einem speziell entwickelten Lager- und Transportcontainer gesammelt.

2. Stufe:

61

Chemisch/physikalische Behandlung zur Entfernung von Schwermetallen und restlichen Kohlenwasserstoffgehalten. Zweistraßig, max. Durchflußmenge 10 m³/h. Arbeitsprinzip: Druckentspannungsflotation. Die Flotatschlämme werden in einem speziellen Trocknungsverfahren auf 95 % Trockensubstanzgehalt getrocknet und in einer Untertagedeponie deponiert.

3. Stufe:

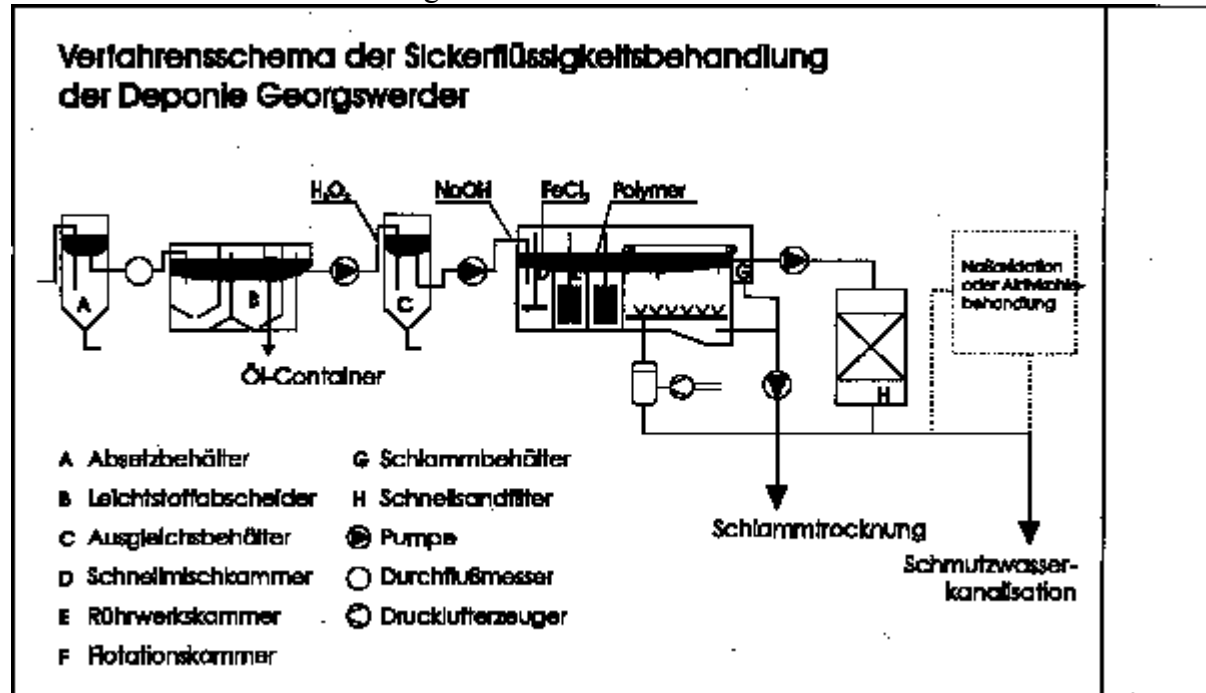
62

In einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt sowie in nachfolgenden halbtechnischen Versuchen wurden verschiedene Technologien untersucht, um insbesondere den hohen AOX-Gehalt in der wässrigen Phase nach der 2. Reinigungsstufe zu minimieren. Im Ergebnis wurde eine Naßoxidationsanlage gewählt, mit der die Einleitwerte in das öffentliche Abwassernetz sicher erreicht werden.

63

Die **Flotationsanlage** ist bereits 1986 als erste technische Maßnahme errichtet worden. Die Auslegung erfolgte seinerzeit auf erwartete 10 m³/Stunde. Da dieser Wert heute deutlich unterschritten wird (2 m³/h), enthält die Gesamtanlage freie Kapazitäten, die zukünftig auch für andere Altlasten der Freien und Hansestadt genutzt werden sollen.

Abb. 7: *Verfahrenschema der Sickerflüssigkeitsbehandlung*



4.3 Grundwassersanierung

64

Ziel dieser Maßnahme ist es,

- die Kontaminationsfahne zurückzuziehen,
- die Schadstoffmenge im oberflächennahen Grundwasserleiter zu reduzieren,
- die zukünftige Ausbreitung der Schadstoffe über den Deponierand hinaus zu verhindern.

65

Das Handlungskonzept sieht eine hydraulische Maßnahme mit Hilfe von Förderbrunnen vor.

66

Zur Festlegung der **Entnahmestrategie**, der Brunnenstandorte sowie der Förderraten wurde ein Grundwassermodell herangezogen. Dieses Modell ist ein horizontales Strömungs- und Stofftransportmodell. Besondere Randbedingungen waren:

- Abnehmen der Stauflüssigkeitszuflüsse aus der Deponie bis auf 0,3 m ü.NN,
- danach nur diffusive Einträge von Schadstoffen,

Abb. 8: Sanierungsstrategien

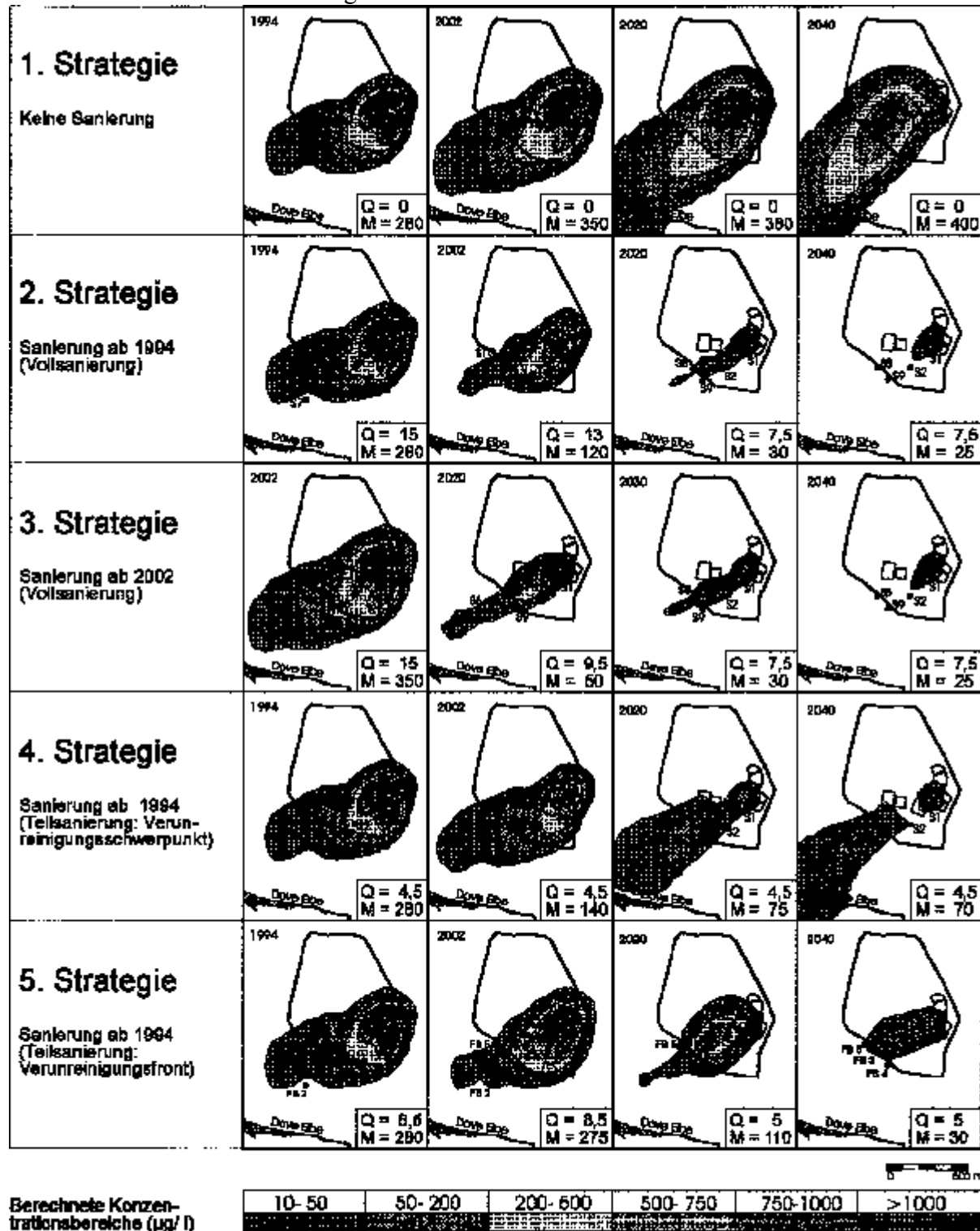
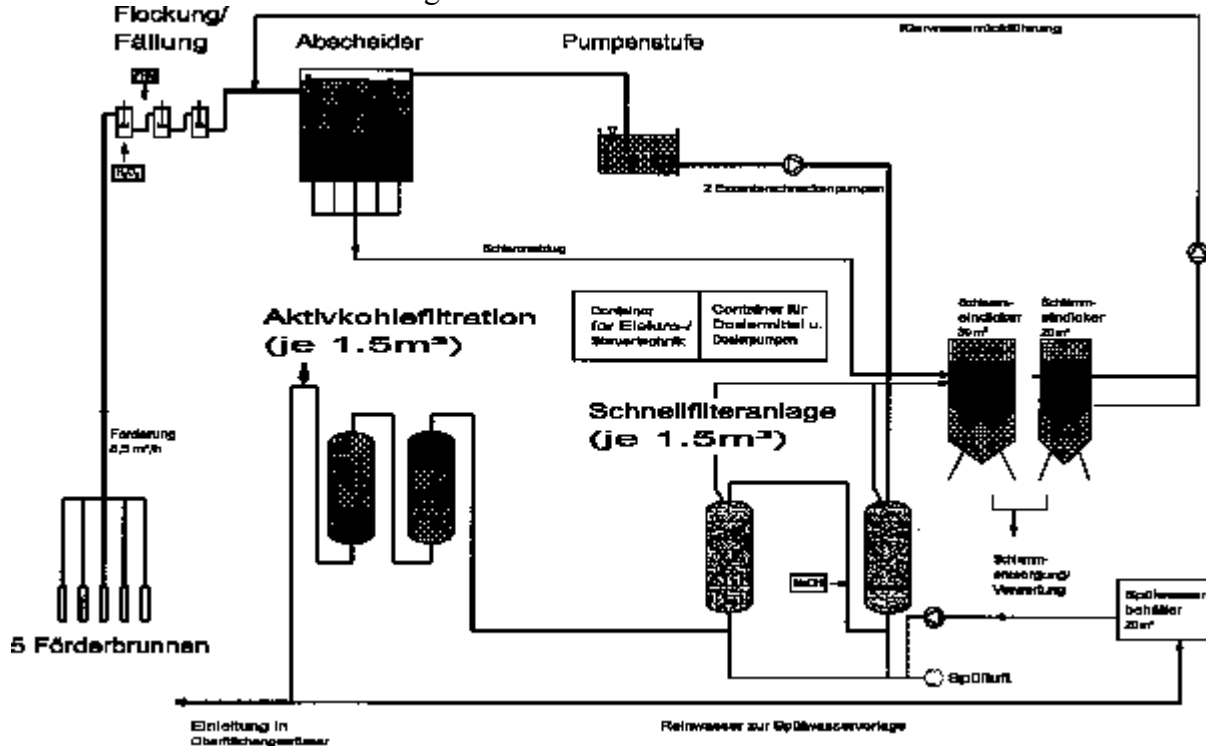


Abb. 9: Verfahrensschema der Grundwasserreinigung



- Tideeinfluß,
- Schadstoffparameter der Deponie.

67

Es wurden fünf verschiedene Strategien von der Nullvariante (keine Maßnahme) bis zur Vollsanierung durchgerechnet (siehe Abb. 8 S. 21). Im Ergebnis wurde nach einer Kosten-Nutzen-Betrachtung eine Teilsanierung in zwei Stufen gewählt:

Stufe 1:

68

5 Brunnen auf 15 Jahre (8,5 m³/h),

Stufe 2:

3 Brunnen danach (5 m³/h).

69

Die **Reinigung des Grundwassers** erfolgt in zwei Stufen: Auf eine Enteisung und Zugabe von H₂O₂ und Abscheidung in einem Parallelplattenabscheider und rückspülbaren Sandschnellfiltern folgt eine zweistufige Aktivkohlenfilteranlage. Das aufbereitete Wasser wird der Norderelbe als Vorfluter zugeleitet (siehe Abb. 9 S. 22).

4.4 Deponiegas

70

(C) 2001 C. F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG Heidelberg

Handbuch der Altlastensanierung

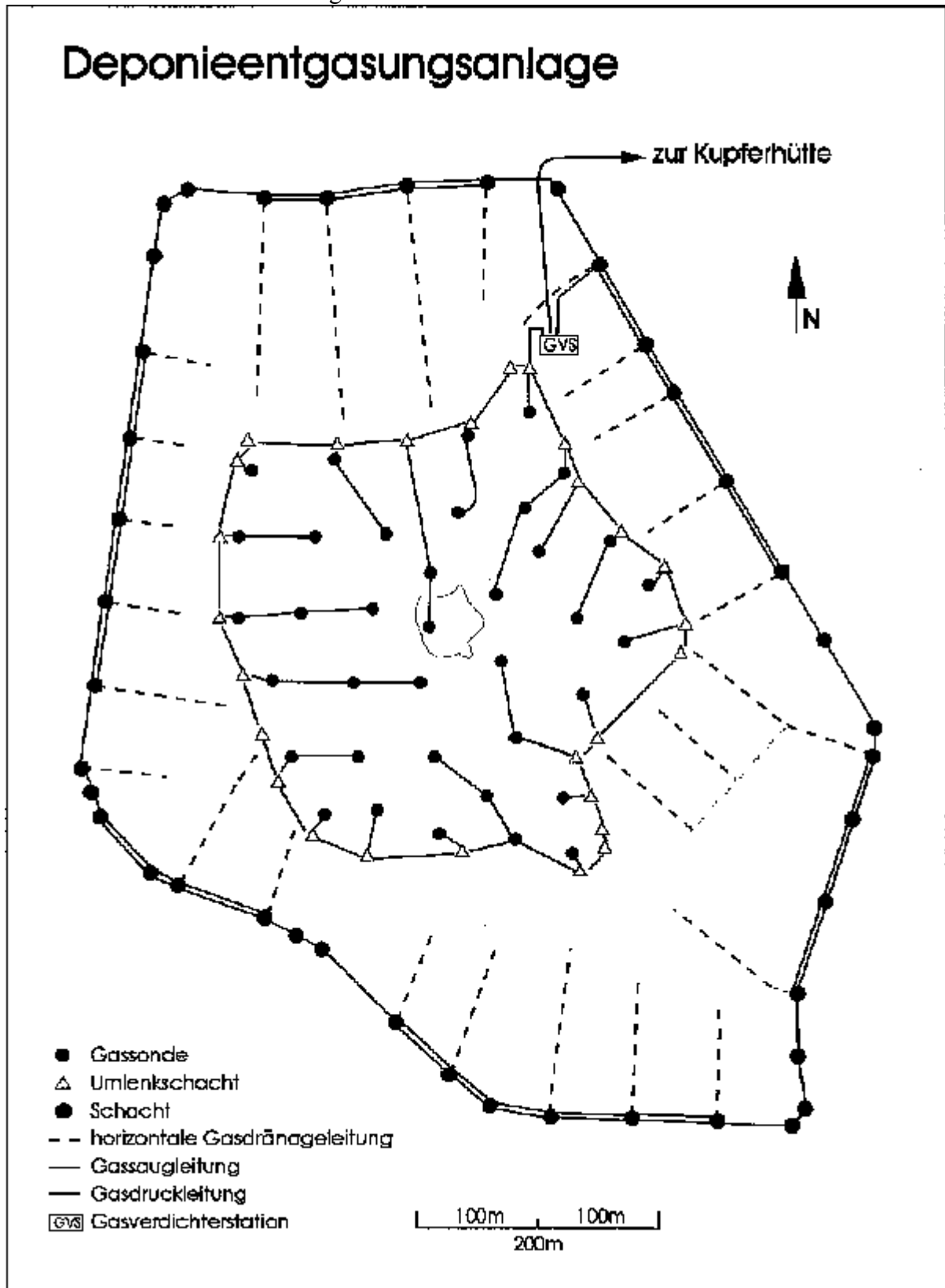
Die **Entgasung** der Deponie mußte schon vor der Entdeckung des Dioxins durchgeführt werden, da die im Zuge der Rekultivierungsmaßnahmen gepflanzte neue Vegetation geschädigt wurde. 1983 wurde eine Anlage bestehend aus 39 Gassonden erreicht. Die alle Sonden verbindende Ringleitung ist an eine Gasverdichterstation angeschlossen. Von hier wird das Gas einem naheliegenden Industriebetrieb zur dortigen Nutzung übergeben. Die Förderrate beträgt z. Z. ca. 250 bis 300 m³/h bei einem Methangehalt von ca. 60 Volumen-%.

71

Technisch aufwendig war die Anpassung der Anlage an das neue Abdichtsystem.

Abb. 10: *Gasentnahmesystem*

Deponieentgasungsanlage



5 Überwachung

72

Mit der Sicherung der Deponie ist ein Ingenieurbauwerk entstanden, das auf Dauer überwacht, kontrolliert und notfalls repariert werden muß. Die Wirksamkeit und die Landzeitbeständigkeit müssen dauerhaft sichergestellt sein. Diese Überwachung soll in einem umfassenden Konzept gelöst werden. Da dieses gesondert detailliert in Beitrag 5584 dieses Handbuches dargestellt wird, wird insoweit darauf verwiesen.

6 Arbeitsschutz

73

Die Realisierung von Sanierungsmaßnahmen auf einer Altlast wie der Deponie Georgswerder bedingt einen umfangreichen Arbeitsschutz. Die Anwendung des Chemikaliengesetzes und der Gefahrstoffverordnung gestaltete sich wegen fehlender Erfahrungen anfangs sehr schwierig. Aufbauend auf einer Gefährdungsanalyse wurde ein Arbeitsschutzhandbuch entwickelt. Für Einzelmaßnahmen wurden daraus Merkblätter mit genauen Arbeitsschutzanweisungen erarbeitet, die Bestandteil des jeweiligen Bauvertrages wurden. Organisatorisch wurde beim Auftraggeber eine "Sicherheitsfachkraft für Gefahrstoffe" als sachkundige Person bestellt. Ihr obliegt das Fortschreiben der Arbeitsschutzregeln, die Durchsetzung von deren Einhaltung sowie die meßtechnische Überwachung.

7 Zukünftige Nutzung

74

Nach Beendigung der Abfallanlieferungen im Jahre 1979 wurde die Deponie nach den Plänen eines Landschafts-Architekten rekultiviert. Ziel war die Nutzung des gesamten Geländes als öffentliche Grünanlage mit einem vielfältigen Angebot an Freizeiteinrichtungen. Die Sicherungsmaßnahmen mit allen ihren Betriebseinrichtungen verhindern auf Dauer die Umsetzung dieses Zieles.

Dennoch bieten sich einige wenige **Nutzungsmöglichkeiten** an:

75

- Nutzung als Windpark: Auf dem Müllberg sind gegenwärtig drei Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 1150 kW installiert. Die Setzungen des Müllkörpers spielen dabei keine Rolle.
- Nutzung der Sickerwasserreinigungsanlage für weitere Sanierungsfälle der Stadt,
- Betriebshof "Altlastensanierung" der Freien und Hansestadt,
- Sonderflächen zur Erhaltung schützenswerter Pflanzen und Tiere; die Grenzen einer solchen Nutzung sind allerdings durch die notwendige Erhaltung des Bauwerkes Deponieabdeckung gesetzt.

76

Die Baukosten aller Sanierungsmaßnahmen betragen ca. 185 Mio. DM. Für Planung und Untersuchungen, Gutachten, Studien, Labor- und Pilotversuche wurden ca. 22 Mio. DM ausgegeben. Die Durchführung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte kostete rd. 27 Mio. DM, woran sich der Bund mit rd. 10,7 Mio. DM beteiligt hat.

77

Nach Inbetriebnahme aller Behandlungsanlagen und nach Umsetzung des Überwachungskonzeptes wird mit jährlichen Kosten von ca. 3 Mio. DM gerechnet.

78

Investitions- und Betriebskosten werden vollständig aus dem hamburgischen Haushalt finanziert. Bereits zu Beginn der Sanierung wurde geprüft, ob und inwieweit Produzenten und Anlieferer zu einer Beteiligung an den Kosten herangezogen werden können. 10 Hauptanlieferern der ca. 600 registrierten Anlieferer wurden **Kostenheranziehungsbescheide** zugestellt. Im Vergleichswege haben 7 Firmen ca. 23,4 Mio. DM gezahlt, in den übrigen Fällen unterlag die Freie und Hansestadt in verwaltungsrechtlichen Verfahren, so daß von weiteren Bescheiden abgesehen wurde.

9 Beteiligung Betroffener

79

Die Dioxinfunde auf der Deponie Georgswerder führten ab 1984 zu heftigen Bürgerprotesten im betroffenen Stadtteil Wilhelmsburg. Obwohl in Deutschland damals noch keine Erfahrungen im konfliktlösenden oder -minimierenden Umgang zwischen Betroffenen und Verwaltungen vorlagen (wie z. B. die Bildung von Beiräten oder Mediationsverfahren), hat Hamburg in kurzer Zeit eine Reihe von Maßnahmen ergriffen, die im Sondergutachten Altlasten des Rates der Sachverständigen für Umweltfragen (1989/90) als beispielhaft Erwähnung fanden:

- Zwei Tagungen zu Fragen der Deponieüberwachung und Sanierung sowie der Gesundheitsgefährdung, an denen sich die betroffenen und interessierten Bürger beteiligen konnten,
- Veröffentlichung von sechs Berichten über den jeweils aktuellen Stand der Arbeiten in hohen Auflagen,
- Offenlegung aller Meßergebnisse von der Deponie,
- Einrichtung einer Informations- und Beratungsstelle in einer nahegelegenen Schule mit regelmäßigen Sprechzeiten für Anwohner,
- Zahlreiche themenbezogene Abendveranstaltungen, die Gelegenheit zur Diskussion mit den beteiligten Behörden boten,
- Errichtung eines Informationspavillons auf dem Gelände der Deponie, der auch für Vortragsveranstaltungen genutzt wurde,
- Beteiligung von Behördenvertretern an Versammlungen und Gesprächskreisen

Handbuch der Altlastensanierung

betroffener Bürger,

- Einrichtung eines Sonderausschusses der Bezirksversammlung Harburg, dessen Sitzungen öffentlich waren,
- Kontinuierliche Information der Presse und
- kontinuierliche Information der Bürgerschaft.

80

Die Umweltbehörde kommt im nachhinein zu dem Schluß, daß ohne diese Maßnahmen die Akzeptanz für das Sanierungskonzept vermutlich nicht so weitgehend hätte herbeigeführt werden können und führt auch das Verständnis der Bevölkerung für Schwierigkeiten und unvermeidliche Verzögerungen darauf zurück.

81

Jährlich finden ein bis zwei Veranstaltungen mit den betroffenen Bürgern, insbesondere den Kleingartenvereinen, statt, bei denen der Hamburger Umweltsenator und die beteiligten Behördenvertreter über den Fortgang der Sanierung informieren und Anregungen aufnehmen.

10 Erfahrungen und Ausblick

82

Nach Abschluß der wesentlichen Sanierungsarbeiten stellt sich die Frage, wie der Sanierungserfolg zu beurteilen ist und welche Lehren für die Bearbeitung ähnlicher Altlastenflächen zu ziehen sind.

83

Planung und Durchführung der Sanierungsmaßnahmen sind auf einem hohen technischen und wissenschaftlichen Niveau nach dem Stand der Wissenschaft und der Technik erfolgt. Sie lassen erwarten, daß durch die ausgeführten Sicherungselemente Schadstoffemissionen auf Dauer unterbunden werden. Eine Gefahr für die Umwelt kann mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden. Die geschaffenen baulichen Anlagen erfordern allerdings einen erheblichen technischen und finanziellen Aufwand, um sie auf lange Sicht wirksam zu halten. Es ist ein Ingenieurbauwerk mit einer endlichen Lebensdauer entstanden, das ständig kontrolliert, überwacht und notfalls repariert werden muß. Der Fall Georgswerder hat gezeigt, daß Sanierungskonzepte für derartige Altdeponien flexibel gestaltet werden müssen. Bei Georgswerder war dies notgedrungen so, da Erfahrungen mit solchen Altablagerungen noch nicht vorlagen. Zukünftig müssen Konzepte sich schrittweise entwickeln, ansetzend am Hauptgefährdungspfad. In sich geschlossene, umfassende Konzepte, die "in einem Stück" umgesetzt werden, wird es zukünftig selten geben. Dazu gehört auch, daß z. B. Behandlungstechnologien erst nach sorgfältigem Testen mit Originalflüssigkeiten realisiert werden sollten. Nur so kann auf Kostenexplosionen wirksam reagiert werden.

84

Der Einsatz von **mathematischen Modellen**, mit denen die Wirksamkeit geplanter Maßnahmen simuliert werden kann, wird zunehmend Anwendung finden. Dies gilt insbesondere für Maßnahmen im Grundwasser und ist bei Georgswerder beispielhaft gelöst.

85

In der Planungsphase sind Ingenieurbüros erforderlich, die für die Altlastensanierung besonders qualifiziert sein müssen. Gerade die Planung braucht eine hohe Kreativität, da oft noch nicht genormte Bautechniken zum Einsatz kommen müssen. Dasselbe gilt für die Baustelle selbst. Die Herstellung von Dichtelementen erfordert eine besondere Sorgfalt. Der notwendige Arbeitsschutz muß hier kritischer als bei Baustellen des normalen Tiefbaus wahrgenommen werden. Die Überwachung der Bauarbeiten ist notgedrungen intensiver.

86

Hohe Investitionskosten erfordern auch ein Nachdenken über **Qualitätsstandards**; dies gilt insbesondere für das neue Abdecksystem, das Eingang gefunden hat in die TA Abfall. Eine wichtige Erkenntnis ist, daß die Verwendung der vorgeschriebenen bindigen mineralischen Deckschicht wegen der starken Witterungsabhängigkeit die Bauzeiten unvermeidbar verlängert. Da sie zudem auch in ihrer Landzeitbeständigkeit negativ zu beurteilen ist, wird in Hamburg auf derartige Systeme zukünftig verzichtet werden. Die Umweltbehörde sucht deshalb im Rahmen eines neuen Forschungs- und Entwicklungsprojektes nach alternativen Formen, die sich an dem Schutzauftrag im Rahmen eines Sanierungskonzeptes für den jeweiligen Einzelfall orientieren.

87

Sicherungen und Abablagerungen schränken die spätere Nutzung stark ein. Zukünftig sollten Sicherungsmaßnahmen auch unter **Nutzungsgesichtspunkten** konzipiert werden, um durch Zulassung gewisser Nutzungen einen ökonomischen Effekt zu erzielen.

88

Die Unterhaltung von baulichen Sicherungselementen und ihre Überwachung müssen bereits in der Planungsphase mit bedacht werden. Gerade im Bereich der Überwachung fehlt es noch an Erfahrungen. Hier wird ein Schwerpunkt zukünftiger Entwicklungsarbeiten liegen.

89

Sicherungsmaßnahmen lassen sich nur realisieren, wenn die Betroffenen in die Planungen intensiv mit einbezogen werden. Bei der Sanierung der Deponie Georgswerder ist dieses beispielhaft gelungen. Die Beteiligung muß schon bei der Erkundung des Gefährdungspotentials einsetzen und bei den weiteren Bearbeitungsschritten planmäßig fortgesetzt werden.

11 Literatur

(1) *Mitteilung des Senates an die Bürgerschaft*: Sanierung der Deponie Georgswerder – Bürgerschaftsdrucksache 11/3999 vom 23.04. 1985.

(2) *Umweltbehörde Hamburg*: Deponie Georgswerder – Sanierung 1984 – 1995.

Handbuch der Altlastensanierung