



Endbericht für das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

# Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau

Kurzfassung zum Endbericht



Herausgeber: Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau

gefördert und unterstützt durch



**IMPRESSUM:**

Herausgeber: Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau  
Berliner Straße 100  
D - 06258 Schkopau / OT Döllnitz  
Internet: [www.aw-halle.de](http://www.aw-halle.de)  
E-Mail: [post@aw-halle.de](mailto:post@aw-halle.de)

Layout: Kappa Kommunikationsdesign  
Druck: Druckerei Mahnert GmbH

# Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau

## Phase I: Bestandsaufnahme und Lösungsvarianten

### Kurzfassung zum Endbericht

### Projektleitung

Dr. M. Rappthel (Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau)

### Mitautoren:

Dr. A. Schroeter ,  
(IHU Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH)  
H. Tauber,  
(MUEG Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH)  
Prof. Dr. G. Rettenberger,  
(Ingenieurgruppe RUK Stuttgart)  
H. Gaßner, Dr. A. Willand,  
(Rechtsanwaltskanzlei GGSC Berlin)  
Dr. Th. Luckner,  
(GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden)

Das Vorhaben wurde gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt.

Förderkennzeichen: 0330 453

Zuständiger Projektträger des BMBF: Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich

## Vorwort

Prof. Dr. Frieder Meyer-Krahmer

Matthias Machnig

*Staatssekretär im Bundesministerium  
für Bildung und Forschung*

*Staatssekretär im Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*

Am 1. Juni 2005 wurde in Deutschland in Umsetzung der Technischen Anleitung Siedlungsabfall / Abfallablagerungsverordnung fristgerecht und flächendeckend die Ablagerung unbehandelter biologisch abbaubarer sowie organikhaltiger Siedlungsabfälle auf Deponien beendet. Gleichzeitig wurden ca. 200 Deponien stillgelegt, die den geltenden Anforderungen nicht mehr entsprachen. Damit ging eine viele Jahrzehnte währende Ära der Abfallentsorgung zu Ende, die vom "Vergraben und Vergessen" von Abfällen gekennzeichnet war. Dennoch können sich zahlreiche Altablagerungen schmerzlich wieder in Erinnerung bringen, wenn sie durch spätere Generationen sehr teuer und aufwendig saniert werden müssen.

Hier kann Forschung helfen, neue Wege für kostengünstige und ökologisch sichere Lösungen für den Umgang mit derartigen Deponien aufzuzeigen. Dies ist ein zentrales Element, um finanzielle Ressourcen der Kommunen nicht nur für die Nachsorge sondern für die ökologische, wirtschaftliche und soziale Zukunftsfähigkeit unseres Landes einzusetzen.

Die Bundesregierung unterstützt die Kommunen dabei, wissenschaftlich begründete, rechtlich sichere und finanzierbare Lösungen zur Stilllegung von Deponien zu erarbeiten. Zentrale Handlungsfelder sind z.B. die ökologisch sinnvolle Nutzung von Deponiegas, die Verringerung der Emissionen auf ein ökologisch vertretbares, wissenschaftlich-technisch begründetes Maß und die gestalterisch attraktive Einbeziehung ehemaliger Deponieflächen in die Regionalplanung.

Es können dabei unter Nutzung vorhandener und neuer Techniken neue Impulse für die Abfallverwertung oder die Erzeugung erneuerbarer Energien gegeben werden. Darüber hinaus können stillgelegte Deponiestandorte zukünftig Erholungsraum für den Menschen bieten und Lebensraum für Tiere und Pflanzen werden. Im Ringen um die jeweils „richtige“ Deponiestilllegung sind Interessenkonflikte nicht immer zu vermeiden. Unsere Aufgabe ist es, nach Wegen zu suchen, wie verschiedene Ziele möglichst weitgehend miteinander in Einklang zu bringen sind. Diese anspruchsvolle Aufgabe kann nur gemeinsam von Bund, Ländern, Kommunen und Bürgern bewältigt werden.

Für die Bundesregierung sind das Bundesumweltministerium und das Bundesministerium für Bildung und Forschung diese Aufgabe in enger Zusammenarbeit und Abstimmung angegangen. Vielfältige wissenschaftliche Projekte wurden bereits in der Vergangenheit gefördert. Hierzu zählen Arbeiten zur Deponiegasgewinnung, zur Untersuchung des Deponiekörperverhaltens und seiner Stabilisierung, sowie der Bewertung des Deponieuntergrundes. Aber auch Fragen der mechanisch-biologischen Vorbehandlung organischer Abfälle wurden mit dem Ziel, der Reduzierung des organischen Anteiles in Deponien umfassend untersucht.

Die Ergebnisse des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltministerium des Landes Sachsen-Anhalt von 2002 bis Januar 2007 geförderten Forschungsvorhabens „Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlebergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau“ sind weitreichend. Sie ermöglichen spezielle Lösungen für die Stilllegung von Deponien zu ermitteln, die infolge Grundwasseranstiegs unter Wasser geraten. Die Veröffentlichung der vorliegenden Forschungsergebnisse soll dazu beitragen, diese breit zu kommunizieren und zu beraten, um sie dann in geeigneter Form in der Praxis umzusetzen. Ebenso wollen wir zur Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Fragen zukünftiger Deponiestilllegungen anregen und darauf aufbauend zur Konsensfindung bei der Beantwortung dieser Fragen beitragen. Gemeinsam möchten wir Sie einladen, sich an dieser Diskussion zu beteiligen.

Prof. Dr. Frieder Meyer-Krahmer

Matthias Machnig



## Geleitwort

Michael Dörffel

*Ministerialdirigent im Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt*

Der vorliegende Endbericht fasst die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse des Forschungsvorhabens „Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau“ zusammen.

Das Forschungsvorhaben selbst wurde im Zeitraum vom September 2002 bis Anfang 2007 von der AWH GmbH für die wissenschaftlich begründete Vorbereitung der gesetzlich gebotenen Stilllegung von Deponien durchgeführt. Ziel war es, solche Lösungsvorschläge zu entwickeln, die unter den gegebenen Standortbedingungen aus rechtlicher, ökonomischer und ökologischer Sicht realisierbar sind und den Interessen heutiger aber auch künftiger Generationen entsprechen. Besonders zu diskutieren war als Alternative zur bisherigen künstlichen Trockenhaltung die künftige Sicherung und Überwachung, da diese Deponie keine Basisabdichtung nach TASI aufweist und die Stilllegung nicht wie geplant nach vollständiger Verfüllung des Tagebaurestloches erfolgen kann. Ferner waren die planerischen Ansätze für die Nachnutzung aus Sicht angrenzender Gemeinden einzubeziehen. Die umfangreiche Untersuchungen beinhalteten daher Fragen der möglichen technischen Gestaltung und sinnvollen Nachnutzung des Tagebaurestloches, der rechtlichen Grundlagen und Anforderungen an die Deponiestilllegung, der Wasserbeschaffenheit im Zeitraum bis zum Abschluss der Nachsorgephase, der Gestaltung von Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung von Stoffausträgen, der Informationsaufbereitung und Kommunikation von Lösungsvorschlägen in der Region sowie auch der Möglichkeiten, natürliche Abbauvorgänge in einem an die Deponie angrenzenden Wasserkörper bei der schrittweisen Stilllegung zu berücksichtigen.

Die Forschungsarbeiten wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt finanziell unterstützt sowie im Rahmen eines Projektbeirates kritisch begleitet, um Erfahrungen auch für andere Deponiestandorte in Tagebaurestlöchern zu gewinnen. Diesem Beirat, dem das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das Umweltbundesamt, das Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt, das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, das Landesamt für Geologie und Bergwesen, der Saalkreis und Landkreis Merseburg-Querfurt sowie die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH angehörten, sei an dieser Stelle für die prüfenden Fragen und vielfältigen Anregungen in der Durchführung des Forschungsvorhabens gedankt. Ebenso hilfreich war die Unterstützung des Vorhabens durch den wissenschaftlichen Beirat, dem Herr Prof. Stegmann, Technische Universität Hamburg-Harburg, Herr Prof. Luckner, DGFZ Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. und Herr Prof. Borg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg angehörten und die sich durch so manchen Denkanstoß sowie Hintergrundinformationen in das Vorhaben einbrachten. Das FuE-Vorhaben wurde vom Projektträger Jülich, Außenstelle Berlin, Bereich Umwelt betreut, dem für die stets konstruktive Unterstützung ein ganz besonderer Dank gilt.

Die Forschungsergebnisse sind ein wichtiges Fundament für die AWH GmbH, um einen ökonomisch und ökologisch ausgewogenen Antrag für die Deponiestilllegung auszuarbeiten. Darüber hinaus wurde im Bericht als Alternative zur vollständigen Deponieeinkapselung mit theoretischer „Null-Emission“ sowie unüberschaubaren Aufwendungen und Bauwerkspflegearbeiten ein Leitbild „Emissionsarme Deponien“ entwickelt. Dieses ist auf eine schrittweise, kontrollierte Entlassung der Deponiestandorte in den Naturbestand gerichtet und berücksichtigt die Fähigkeiten der Natur zur Selbstreinigung.

In diesem Sinne soll die Veröffentlichung der im Forschungsvorhaben gewonnenen Erfahrungen die wissenschaftlichen Diskussionen darüber bereichern, wie die Lasten der Vergangenheit auch für künftige Generationen umweltverträglich mit vertretbaren finanziellen Aufwendungen bewältigt werden können.

Michael Dörffel

## **Gesamtbewertung des Landesverwaltungsamtes Sachsen-Anhalt**

Heiner Hoffmann

### *Referatsleiter Abfallwirtschaft, Bodenschutz im Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt*

Mit dem Endbericht zum FuE- Vorhaben liegt nunmehr ein komplexer und sachlich kompetenter Ergebnisbericht über die im Zeitraum von 2002 bis 2006 durchgeführten Untersuchungen zu potenziellen Stilllegungs- und Rekultivierungstechnologien für den Standort der Deponie Lochau vor. Im Rahmen einer wissenschaftlich fundierten, standortbezogenen Sachstandsanalyse wurden fachtechnische und rechtliche Aspekte geprüft und daraus praktikable Lösungsszenarien abgeleitet.

Die mit bemerkenswerter Gründlichkeit recherchierten Daten sind in Bezug auf die Fachdarstellungen und Lösungsvarianten als plausibel und aussagefähig zu bewerten.

Darüber hinaus können die auf hohem wissenschaftlichem – technischem Niveau ermittelten Erkenntnisse und innovativen Empfehlungen auch unter vergleichbaren Bedingungen angewendet werden, so dass bei Rekultivierungsmaßnahmen auf anderen Deponiestandorten gegebenenfalls gezielt darauf zurückgegriffen werden kann.

Hervorzuheben ist, dass der Endbericht eine klare thematische Orientierung hinsichtlich der Problematik von Deponien in Restlöchern und angrenzenden Fragen vermittelt. Im Untersuchungsablauf und den Forschungsergebnissen ist eine konsequent zielorientierte Herangehensweise zu verzeichnen, die dennoch den Raum für innovative Lösungen ermöglicht. Damit verbundene kritische Schnittstellen zu den bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen werden aufgezeigt und mögliche Lösungsansätze ermittelt. Im Ergebnis diskutierter Szenarien werden Potenziale anschaulich dargestellt, die zukunftsweisend für die Erarbeitung neuer technischer Normen und Vollzugsstandards sein können.

Hervorzuheben sind weiterhin die aufgezeigten Möglichkeiten zur Umsetzung eines komplexen Lösungsansatzes für die Rekultivierung des Deponiestandortes und des Tagebaurestloches mit seiner angrenzenden Infrastruktur.

Es werden Synergieeffekte und positive Aspekte der Bündelung von technologischen Potenzialen entwickelt und deutlich gemacht. Ergänzend werden Betrachtungen zu bergsicherheitstechnischen Fragestellungen und zur Koordination des zeitlichen Maßnahmenablaufes durchgeführt, so dass die umfassende Beurteilung aller Sachverhalte ermöglicht wird.

Über die am Standort Lochau gefundenen Ergebnisse und Lösungsansätze hinaus, werden im Endbericht konstruktive Hinweise und Anregungen für weiterführende Untersuchungen aufgezeigt, um somit bestehende Kenntnislücken bei der Vorbereitung und Überwachung von Stilllegungsmaßnahmen standortübergreifend zu schließen. Für die Erfolgskontrolle von Stilllegungsmaßnahmen wurden beispielsweise anwendungskonkrete Vorschläge für intelligente Mess- Steuer- und Regeleinrichtungen nach dem Stand der Wissenschaft bzw. der Technik präsentiert.

Insgesamt ist der vorliegende Endbericht als ein gelungenes Werk einer am Objekt Lochau durchgeführten wissenschaftlich-technischen Untersuchung zur aktuellen Problematik der Rekultivierung von Deponien in TRL und darüber hinaus zu bewerten.

Die so präsentierten Untersuchungsergebnisse und die daraus abgeleiteten praktischen Empfehlungen sind für die zuständigen Genehmigungs- und Überwachungsbehörden im Sinne einer fachgerechten und effektiven Fortführung der Maßnahmen zur Stilllegung und Rekultivierung der Deponie Lochau und darüber hinaus wertvolle Entscheidungshilfen.

Heiner Hoffmann

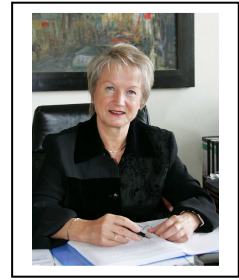
## Grußwort

Ingrid Häußler

*Oberbürgermeisterin der Stadt Halle (Saale)*

Mit den Untersuchungen und Ergebnissen des von 2002 bis 2007 durchgeführten Forschungsvorhabens

„Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau“



wurden wichtige Grundlagen für eine umweltgerechte, rechtskonforme, nachhaltige und wirtschaftlich realisierbare Stilllegung der Deponie Halle-Lochau geschaffen.

Die Deponie Halle-Lochau war seit ihrer Einrichtung 1976 die wichtigste Entsorgungsanlage für die kommunalen Abfälle und haushaltsähnlichen Gewerbeabfälle der Stadt Halle sowie der umliegenden Landkreise. Der Deponiebetrieb wurde als kommunaler Betrieb der Stadt Halle organisiert, wobei die Stadt Halle alleiniger Gesellschafter ist.

In den Jahren 2000/2001 fiel auf Grund der geplanten bundesrechtlichen Gesetzesänderungen die Vorentscheidung, die Deponie Halle-Lochau vorzeitig und abweichend von den bis dahin vorliegenden Planungen zum 31.05.2005 zu schließen. Diese notwendige Entscheidung hatte weit reichende Konsequenzen für die Stadt Halle, weil neben der Umorientierung der Entsorgung insbesondere auch die technischen Maßnahmen der Deponiestilllegung und –nachsorge sowie deren Finanzierbarkeit zu klären waren. Zunächst war dabei noch völlig unklar, wie die Deponiestilllegung technisch durchzuführen war, da die gesetzlichen Vorgaben nicht auf Deponiestandorte wie Halle Lochau anwendbar waren bzw. damit keine nachhaltige Stilllegung gewährleistet werden konnte.

Aus diesem Grund wurde es von der Stadt Halle begrüßt, dass im Jahr 2002 nach den von der Abfallwirtschaft GmbH getroffenen Vorbereitungen das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unter Förderung durch Bund und Land mit der Zielstellung begonnen wurde, eine umweltverträgliche, nachhaltige und wirtschaftliche Konzeption für die Stilllegung und Nachsorge der Deponie Halle-Lochau zu entwickeln. Die Stadt Halle und der Aufsichtsrat informierten sich kontinuierlich über den Fortgang der Forschungsarbeiten und gewährten dem Deponiebetreiber die notwendige Unterstützung für die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens.

Im Ergebnis der nunmehr abgeschlossenen Arbeiten des Forschungsprojektes wurde eine innovative Lösung für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau entwickelt. Für diese Stilllegungskonzeption wurde mit der permanenten Begleitung des Vorhabens durch die verschiedenen Behörden gleichzeitig der Aspekt der Genehmigungsfähigkeit berücksichtigt. Im Jahr 2005 begann der Stilllegungsbetrieb der Deponie Lochau, wobei die im FuE-Vorhaben entwickelte und untersuchte Lösungsvariante Grundlage des Deponiestilllegungskonzeptes ist.

Die Stadt Halle geht entsprechend der Forschungsergebnisse davon aus, dass mit der Stilllegungskonzeption eine umweltgerechte, nachhaltige sowie wirtschaftliche Lösung für den Deponiestandort Halle-Lochau umgesetzt wird.

Ich danke allen beteiligten Behörden des Bundes, des Landes Sachsen-Anhalt, der Landkreise und der Stadt Halle sowie den einbezogenen Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen und insbesondere auch dem Vorhabensträger, der Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau, für ihren Beitrag am Gelingen des Forschungsvorhabens.

Ingrid Häußler

## Kurzfassung

Die vorliegende Kurzfassung dient der zusammenfassenden Information über die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsvorhabens, „**Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau**“. Die Details der umfangreichen Untersuchungen sind ausführlich im Abschlussbericht dargelegt.

### ■ Deponiestandort

Der Deponiestandort befindet sich etwa 5 km südöstlich von Halle entfernt in einem Tagebaurestloch, das im Ergebnis der von 1901 bis 1969 durchgeführten Braunkohlenförderung entstanden ist.

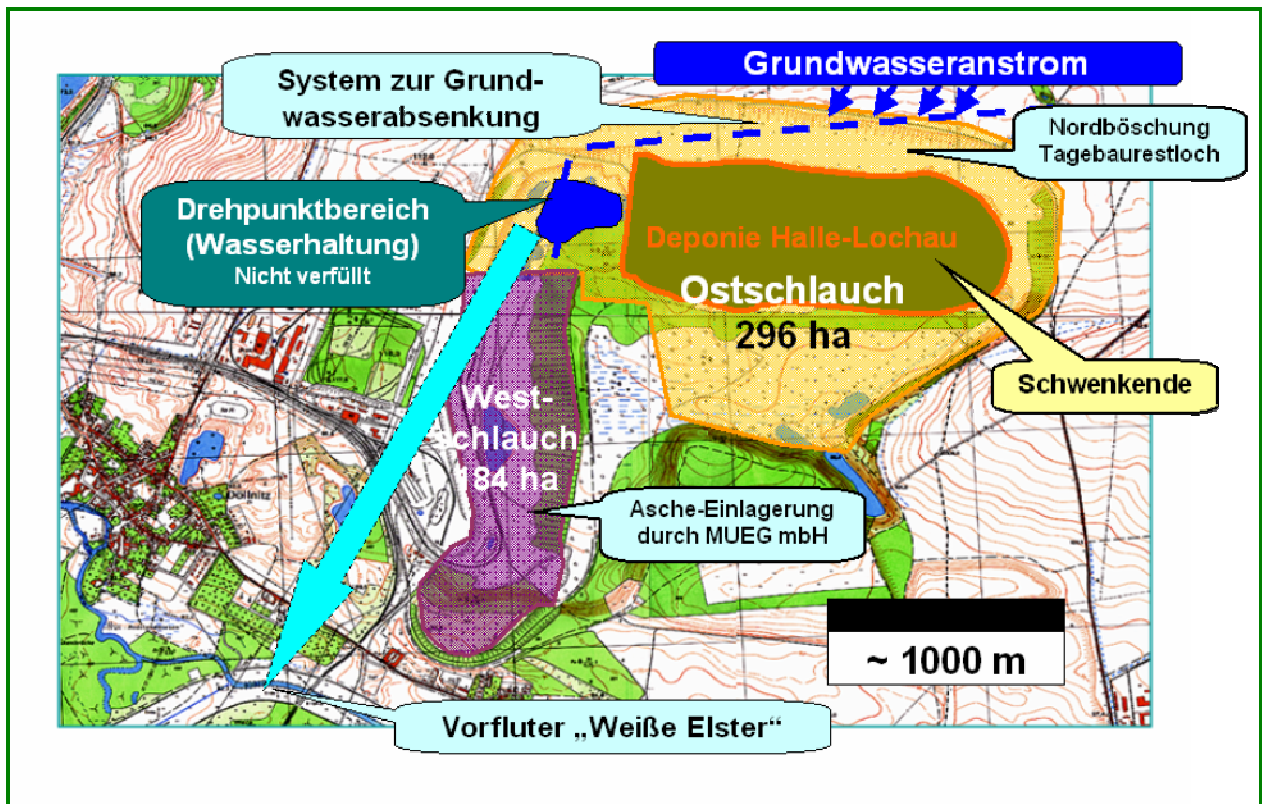


Abbildung I: Übersicht zum Standort Halle-Lochau

Das Tagebaurestloch Lochau hat eine Gesamtfläche von ca. 480 ha. Das engere Untersuchungsgebiet für die Deponie Halle-Lochau umfasst das Betriebsgelände der AWH einschließlich des Ostschlauches des Tagebaurestloches mit 296 ha Fläche. Im Bereich des Tagebaurestloches Lochau sind die Bodengesellschaften der Bergbaukippen und der sonstigen Halden dominant, wobei es sich hierbei um Mischkippböden aus lehmigen und sandigen Substraten bzw. im verfüllten Deponiebereich um Deponiegut handelt. Bei den natürlich gewachsenen Böden im Umfeld des Tagebaurestloches sind vorwiegend Schwarzerden und Braun- bis Schwarzerden anzutreffen. In der Elsteraue dominieren Kolluvisole und die grundwasserbeeinflussten Halbgleye.

Im Bereich des Tagebaurestloches Lochau lagern über den Festgesteinen des Oberperms (Zechstein) und der Trias (Buntsandstein) mächtige tertiäre und quartäre Lockergesteinsbildungen. Durch die bergbaulichen Aktivitäten sind die Lockergesteine im Tagebaurestloch devastiert, teilweise als Kippen umgelagert worden. Einen weiteren anthropogenen Ablagerungsbereich im Tagebaurestloch stellen die Abfälle der Deponie Halle-Lochau dar.



Der Deponiestandort ist klimatisch dem mitteldeutschen Binnenklima zuzuordnen und befindet sich im Übergangsbereich vom maritimen zum kontinentalen Klima. Die hydrogeologische Situation ist durch die unterschiedlichen geohydraulischen Eigenschaften der geologischen Schichten bzw. Schichtkomplexe gekennzeichnet. Grundwasserleiter (GWL), Grundwassergeringleiter (GWGL) und Grundwasserstauer bzw. –hemmer (GWS bzw. GWH) wechseln im Profil und horizontal miteinander ab.

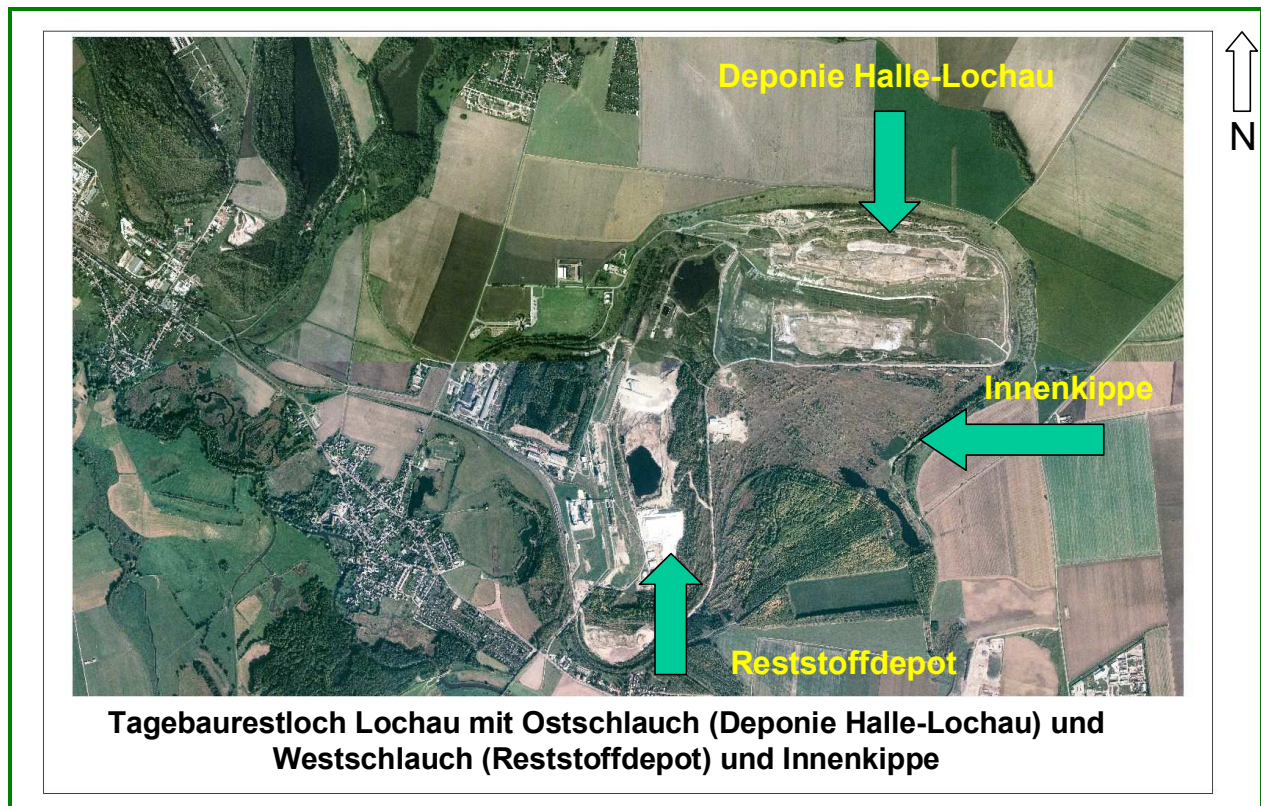


Abbildung II: Luftbild zum Standort Halle-Lochau

Im Zentrum des Ostschlaches des Tagebaurestloches lagert die Deponie auf gewachsenem Untergrund, der meist durch Braunkohlereste mit Unterbegleitern und den Liegendsedimenten (Liegendenschluff) gebildet wird. Nach Süden und Norden stehen an der Deponiebasis Bergbaukippen bis ca. 90 mHN an. Im westlichen Bereich der Deponie beträgt die Restmächtigkeit der Braunkohle nach den Altbohrungen meist weniger als einen Meter, wobei unter dem Restflöz in der Regel Tone bzw. Schluffe lagern. Im Nordwesten besteht die Möglichkeit, dass die geringmächtigen Kohlereste von Sanden unterlagert werden. In begrenzten Bereichen fehlt die Kohle nach den Tagebauendständen, wobei dort vermutlich ebenfalls bindige Sedimente unter der Kohle verbreitet sind. Nach Osten steigen die Restmächtigkeiten des Flözes deutlich auf über einen Meter an, wobei die Kohle in den meisten Arealen außerdem von Tonen bzw. Schluffen unterlagert wird (z. T. bis über 30 m). Nach den vorliegenden Untersuchungen besitzen die die Deponie umgebenden Bergbaubaukippen eine geologische Barrierefunktion.

Der Westschlauch des Tagebaurestloches wird durch die Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgungsgesellschaft mbH (MUEG) mit Aschestabilisat verfüllt, das auf der Basis von Braunkohleasche hergestellt wird. Dieses Aschestabilisat besitzt eine stabile chemische und physikalische Struktur und weist eine äußerst geringe Wasserleitfähigkeit auf ( $< 1 \times 10^{-10}$  m/s). Gemäß den Zielen der bergrechtlichen Wiedernutzbarmachung ist vorgesehen, damit den gesamten Westschlauch bis etwa zum natürlichen Geländeniveau (100 bis 102 mHN) aufzufüllen. Das wird voraussichtlich bis zum Jahr 2023 dauern.

Zwischen Ost- und Westschlauch liegt der so genannte Drehpunktbereich, der für die frühere Ausrichtung der Tagebaugroßgeräte von Bedeutung war. Es handelt sich hierbei um den tiefsten Punkt im Tagebaurestloch, der zugleich der Wasserhaltung im Tagebaurestloch dient. Das sich dort sammelnde Grund- und Oberflächenwasser wird in den Vorfluter abgepumpt, die aus östlicher Richtung nach Westen zur Saale fließende Weiße Elster. Die Entwässerung des Tagebaurestloches erfolgt somit im Zentrum des Gebiets. Die Tagebausohle liegt auf einem Höhengniveau zwischen rund 50 und 69 mHN, das natürliche Geländeniveau zwischen 95 und 115 mHN. Durch die Ausbildung und Aufrechterhaltung eines zum Drehpunktbereich hin gerichteten Wassergefälles sind Beeinträchtigungen der Grundwasserleiter durch die Deponie gegenwärtig und bei einer weiteren Beibehaltung der technischen Grundwasserabsenkung auszuschließen.

Ohne diese Wasserhaltung würde sich jedoch in dieser ca. 50 m tiefen Hohlform ein See ausbilden. Damit würde der Deponiekörper in Teilen unter Wasser liegen und es sind Schadstoffausträge in das Umfeld zu besorgen.

Die Deponie Halle-Lochau wurde im Jahr 1973 im Ostschlauch des Tagebaurestloches als Deponie für Haus- und Gewerbeabfälle genehmigt und eingerichtet. Die Betriebsaufnahme erfolgte 1976.

Bis 1990 wurden ca. 5 - 6 Mio. t Abfälle unterschiedlichster Zusammensetzung auf diese Deponie verbracht, vor allem Siedlungsabfälle und Bauschutt. Seit 1990/1991 erfolgte die Ablagerung von Haus- und Gewerbeabfall in zwei getrennten Deponiebereichen. Im nördlichen Bereich wurde Hausmüll, im südlichen Gewerbeabfall abgelagert. Außerdem wurde im westlichen Teil des Gewerbemüllbereiches eine Monodeponie für Asbest errichtet. Im Jahr 1991 wurde die Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau durch die Stadt Halle gegründet und im Anschluss die Betriebsführung und Deponieentwicklung durch verschiedene technische Maßnahmen qualifiziert. Dazu zählen u. a.: getrennte Abfallablagerung in Haus- und Gewerbemüllbereich, Zwischenabdeckungen des Deponiekörpers, Verfüllung des Bereiches Wasserhaltung Schwenkende, Abriegelung der Wasserhaltung Drehpunkt gegen den Deponiekörper mit einer Spundwand (Sperr- und Verkehrsdamm), Errichtung bzw. Ausbau der Sickerwasserfassungssysteme, Sickerwasserreinigung, Errichtung von Deponiegasfassungssystemen und Verwertung des Deponiegases, Ausbau und Neuerrichtung zahlreicher Messstellen und Gütepegel zur Überwachung von Grund-, Sickerwasser- und Oberflächenwasser, Herstellung eines Auflastkörpers aus verfestigten Sedimenten im Deponiebereich Schwenkende, Ansiedelung von Behandlungsanlagen am Standort.

Im Ergebnis dieser Maßnahmen verfügt der Standort der Deponie Halle-Lochau über eine moderne Infrastruktur sowie hochleistungsfähige technische Anlagen, die ggf. in modifizierter Form nach Beendigung der Ablagerungsphase auch zur Stilllegung und Nachsorge genutzt werden können.

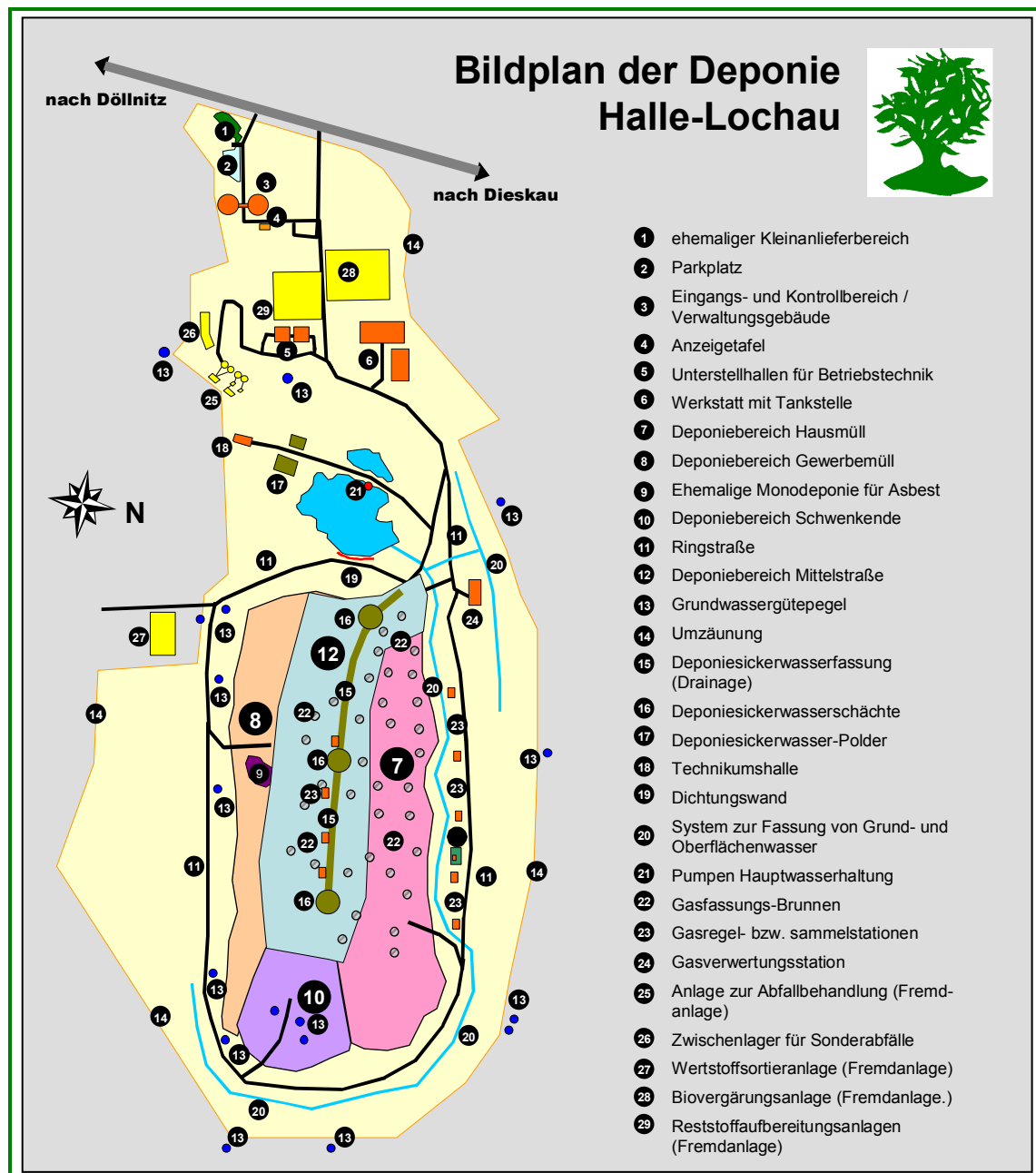


Abbildung III: Technische Anlagen der Deponie Halle-Lochau

Im Ablagerungsbetrieb bis zum Zeitpunkt 05/2005 erfolgte der Abfalleinbau auf einer Fläche von ca. 82 ha, das verfüllte Deponievolumen betrug ca. 18 Mio. m<sup>3</sup>. Die Ablagerungen haben eine Mächtigkeit von maximal 35 m erreicht.

Als Beitrag für die Emissionsminderung und Deponiestabilisierung wurde eine Anlage zur Fassung und Verwertung von Deponiegas im Hausmüllbereich errichtet. Deponiegas entsteht aufgrund des höheren Anteils an organischer Substanz vorwiegend im Hausmüllbereich sowie im Bereich der ehemaligen Mittelstraße. Dort besteht ein System von Deponiegasbrunnen, über die das Deponiegas gefasst und anschließend verwertet wird. Insgesamt wurden im Jahr 2003 8,4 Millionen Nm<sup>3</sup> Gas gewonnen. Dieses Gas besteht aus Methan (50 -55 Vol-%), Kohlendioxid (30-38 Vol-%), Sauerstoff (0,1-0,9 Vol-%), Stickstoff (4-10 Vol-%) sowie als bedeutendstem Spurenstoff Schwefel (0,3-1,3 mg/m<sup>3</sup>), der jedoch fast völlig als Schwefelwasserstoff vorliegt. Im Gewerbemüllbereich wurden bis zum Zeitpunkt 2003 keine nennenswerten Mengen an Deponiegas angetroffen.



## ■ Zur rechtlichen Situation

Die Folgenutzung und Wiederurbarmachung der vom Tagebaurestloch betroffenen Oberfläche wurde auf der Grundlage des Berggesetzes und des Landeskulturgesetzes der ehemaligen DDR im Jahr 1973 festgelegt. Die maßgeblichen, behördlichen Entscheidungen basieren auf der Einreichung des Auslaufprogramms des Tagebaues Lochau vom 28.06.1973 gemäß § 13 Berggesetz der DDR bei der Bezirksplankommission des Rates des Bezirkes Halle und dem „Komplexgutachten zur geordneten Deponie im Tagebau Lochau“ vom Büro für Territorialplanung vom 10.09.1973. Das Auslaufprogramm wurde am 01.10.1973 durch die Bezirksplankommission mit der Folgenutzung als „geordnete Deponie“ zur vollständigen Verfüllung des Restloches bis zur „Rasensohle“ bestätigt. Im Beschluss des Rates des Bezirkes Halle vom 01.10.1973 zur Folgenutzung des Tagebaues Lochau als geordnete Deponie wurde die vollständige Verfüllung des Restloches Ostschlauch bis zum Höhenniveau (ca. 113/115 mHN) in zwei Phasen festgelegt [Phase 1: Verfüllung bis zur 90 mHN; Phase 2: Verfüllung geländegleich bis zur „Rasensohle“ (ca. 113/115 mHN an Nord- und Ostböschung)]. Die Phase 2 wurde an bestimmte Bedingungen geknüpft, wobei nach dem Abschluss der Phase 1 vor Beginn der Phase 2 eine erneute fachtechnische und behördliche Prüfung vorgesehen war.

Für den benachbarten Westschlauch war die Verfüllung mit Stoffen der Industrie und der Energieversorgung (Leunawerke) vorgesehen.

Im Auslaufbetriebsplan vom 28.03.1973 wurde insbesondere die Profilierung des Restloches als Deponiestandort nach dem Bergrecht der ehemaligen DDR durch die Bergbehörde Halle zugelassen. Auf dieser rechtlichen Grundlage wurde der Ablagerungsbetrieb im Ostschlauch im April 1976 aufgenommen, kurze Zeit danach wurde auch mit der Verfüllung von Teilbereichen des Westschlauches begonnen.

Nach der Wende 1990 wurde für das Tagebaurestloch ein Abschlussbetriebsplan nach Bundesberggesetz erarbeitet. In Abstimmung mit dem Bergamt Halle wurde dieser in den Teil A – Ostschlauch und Teil B – Westschlauch unterteilt. Die unbefristete Zulassung dieses Abschlussbetriebsplanes erfolgte mit entsprechenden Nebenbestimmungen am 19.11.1993. In Umsetzung der Nebenbestimmung und der Anpassung des zeitlichen Entwicklungsstandes wurde der Abschlussbetriebsplan fortgeschrieben und präzisiert bzw. ergänzt, wobei bisher insgesamt über 30 zugelassene Ergänzungen und zahlreiche Abänderungen der Ergänzungen überwiegend für den Westschlauch vorliegen.

Zur Legitimation der laufenden Arbeiten der Deponie Halle-Lochau im Ostschlauch des Tagebaurestloches erfolgten im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands die erforderlichen Anzeigen nach Einigungsvertragsgesetz bzw. der Erlass der entsprechenden Verwaltungsakte. Die Anzeige zum Weiterbetrieb der Deponie Halle-Lochau im Ostschlauch gemäß Einigungsvertragsgesetz (Wahrung des genehmigungsrechtlichen Besitzstandes) wurde am 24.12.1990 durch die Abfallwirtschaft GmbH Halle-Lochau als Deponiebetreiber bei der zuständigen Behörde eingereicht.

Am 21.07.1994 stellte das Bergamt Halle in einem „Feststellenden Bescheid“ den genehmigungsrechtlichen Bestandsschutz der Deponie Halle-Lochau fest. Vom Regierungspräsidium Halle wurde 2001 über eine Ausnahmegenehmigung gemäß Ablagerungsverordnung der weitere Einbau von unbehandelten Abfällen bis zum Zeitpunkt 05/2005 genehmigt. Für den Ablagerungsbetrieb wurden zu einzelnen technischen Maßnahmen wie die Fassung und energetische Verwertung der Deponiegase, die Fassung, Ableitung und Behandlung von Sickerwasser sowie der Abfalleinbau im Bereich der ehemaligen Mittelstraße separate Bescheide durch die zuständige Abfallbehörde erlassen. Hinsichtlich der Einleitung der Grubenwässer aus den Wasserhaltungen des Ost- und Westschlauches in die Vorflut liegen entsprechende wasserrechtliche Erlaubnisse zum wasserwirtschaftlichen Benutzungstatbestand vor. Gleiches trifft im baurechtlichen Sinne für die Errichtung von Gebäuden zu. Auch zu den übrigen Rechtsgebieten sind bedarfsgerecht Genehmigungen und Bescheide vorhanden.

Die aus den geltenden Rechtsbereichen parallel anzuwendenden Genehmigungen und Verordnungen sowie Standards, insbesondere aus dem Bergrecht, Abfallrecht und Wasserrecht, bestimmen die Rahmenbedingungen für die ordnungsgemäße Endgestaltung und Folgenutzung des Tagebaurestloches Halle-Lochau.



## ■ Untersuchungsgegenstand

Grundsätzlich könnten in den Tagebaurestlöchern die künstlich für den Bergbau- bzw. den folgenden Deponiebetrieb eingestellten Grundwasserverhältnisse auf unbegrenzte Zeit beibehalten werden. Dann könnte bei der Beendigung des Ablagerungsbetriebes gemäß TASI verfahren werden. Allerdings entspricht diese Verfahrensweise nicht den umweltpolitischen Grundsätzen der Nachhaltigkeit und Nachsorgearmut, wonach bei der Beendigung des Ablagerungsbetriebes so zu verfahren ist, dass ein Deponiestandort letztlich sich selbst überlassen werden kann, ohne das Wohl der Allgemeinheit zu beeinträchtigen.

Nach der Stilllegung einer Deponie an einem Standort mit technisch für den Deponiebetrieb aufrechterhaltenen Grundwasserabsenkungen ist davon auszugehen, dass sich bei Beendigung der Grundwasserabsenkung die ursprünglichen natürlichen Grundwasserspiegel wieder einstellen und zumindest teilweise den Deponiealtkörper fluten.

Dies erfordert, neben den nach TASI durchzuführenden Maßnahmen bei Stilllegung und Nachsorge, weitere Maßnahmen im Hinblick darauf zu ergreifen, dass entweder ein Kontakt des Deponiekörpers mit dem Grundwasser ausgeschlossen werden kann oder aber bei einem solchem Kontakt keine Schadstoffausträge in die Umgebung erfolgen.

Im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens standen daher die Identifizierung möglicher Risiken für Mensch und Umwelt bei der Einstellung der kontinuierlichen Wasserhaltungsmaßnahmen, die Entwicklung kostengünstiger, technisch realisierbarer, den Ansprüchen der Umweltschutzes sowie der Nachhaltigkeit der zu treffenden Maßnahmen entsprechender Lösungen für die Minimierung möglicher Schadstoffemissionen. Die Vorbereitung eines Konzeptes für die Stilllegung, Nachsorge, Rekultivierung sowie Nachnutzung der Deponie sollte auch den Ansprüchen künftiger Generationen entsprechen.

Die zu entwickelnde Vorgehensweise sollte sowohl juristisch fundiert als auch einen für alle Akteure akzeptabel sein und den Anforderungen der Verhältnismäßigkeit von vertretbarem Aufwand (Kosten) und Allgemeinwohlverträglichkeit (gesellschaftlicher Nutzen) darstellen.

Zugleich wurde das Ziel verfolgt, eine möglichst weitgehend selbsttragende Finanzierung dieser Maßnahmen zu ermöglichen, ohne dass die sonst gegebenenfalls notwendig werdende Durchgriffshaftung auf öffentliche Stellen (Stadt Halle als Gesellschafter des Deponiebetreibers bzw. Land Sachsen-Anhalt bzw. Bund) in Anspruch genommen werden muss.

Auch die Aspekte der Nachnutzung des Tagebaurestloches waren zu berücksichtigen, um längerfristige Standortperspektiven für eine sinnvolle Folgenutzung, Standortentwicklung und zur Arbeitsplatzsicherung zu eröffnen.

Darüber sollten die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, um die Stilllegungs- und Nachsorgemaßnahmen am Standort der Deponie Halle-Lochau unter weitgehender Einbindung des vorhandenen Personals umzusetzen und somit zur Arbeitsplatzsicherung in der sonst von hoher Arbeitslosigkeit gekennzeichneten Region beizutragen.

Vor diesem Hintergrund waren folgende Fragenkomplexe durch das FuE-Vorhaben zu beantworten:

- a) Bis 2005 wird der Ostschlauch nicht mit Abfällen verfüllt sein. Es bleibt also ein Massendefizit, so dass nach Abschaltung der Wasserhaltung zwischen der Ascheeinlagerung im Westschlauch und der Deponie Halle-Lochau im Ostschlauch ein Wasserkörper im Drehpunktbereich entstehen wird. Je nach Menge und Einbau der bis zur Stilllegung noch angelieferten Abfälle, kann auch der Deponiekörper im Endzustand unter Wasser stehen. Es war zu ermitteln, was für die Nachnutzung des Tagebausrestloches geeigneter ist und welche Bedeutung die Druckhöhe des Sees für den anstehenden Inversionsgradienten besitzt, um dann den Deponiekörper entsprechend zu gestalten. Auch die Möglichkeit, das verbleibende Restloch mit geeignetem inertem Material zu verfüllen, sollte dabei als Variante in Betracht gezogen werden, wofür das Materialbeschaffungsproblem (für eine vollständige Verfüllung fehlen 80 Mio t Material!) zu berücksichtigen war.

- b) Die Grundwasserabsenkung kann erst dann eingestellt werden, wenn es der Stand Stilllegungs- und der Gestaltungsmaßnahmen zulässt bzw. die Außerbetriebnahme mit anderen Planungen in Einklang zu bringen ist. Es war zu untersuchen, welche Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind.
- c) Durch den Wasseranstieg können aus der Deponie Halle-Lochau umweltrelevante Stoffe ausgewaschen werden. Daher sollte geklärt werden, welche Stoffe im Zuge dieses Wasseranstiegs hier freigesetzt werden, in welchen Mengen bzw. Konzentrationen, wohin sie transportiert werden und wie diese sich letztlich auf die Umwelt auswirken.
- d) Die Nutzungsmöglichkeiten für das Grundwasser und die Vorfluter im Umfeld der Deponie hängen davon ab, wie sich freiwerdende Deponiewässer auf die Wasserqualität auswirken
- e) Auch die Nachnutzungsmöglichkeiten des gefluteten Tagebaurestloches hängen davon ab, welche Wasserqualität sich im entstehenden See einstellt, wenn das Restloch nicht völlig verfüllt wird. Die Wasserqualität kann dadurch beeinflusst werden, wie mit dem Deponiekörper nach der Beendigung der Ablagerung verfahren wird. Durch gezielte Änderungen der hydraulischen Verhältnisse, durch Dichtungssysteme, durch eine Schadstoffentfrachtung des Deponiekörpers oder einer Kombination lassen sich Stoffausträge reduzieren.
- f) Je mehr die Stoffausträge reduziert werden sollen, desto höher sind voraussichtlich die Kosten der dafür notwendigen Maßnahmen. Diesen Kosten ist der Vorteil einer höherwertigen möglichen Nachnutzung des Tagebaurestloches sowie des Grundwassers und der Vorfluter im Umfeld der Deponie gegenüberzustellen. Die Frage, welche Reduzierung der Stoffausträge zu welchen Kosten zu erreichen sind und wie sich das daraus resultierende Kosten-Nutzen-Verhältnis darstellt, sollte als weiterer wesentlicher Punkt bei der Schließung der Deponie Halle-Lochau geprüft werden.
- g) Die Stoffausträge müssen in Zusammenhang mit rechtlichen Anforderungen betrachtet werden, da diese aus juristischer Sicht nur im bestimmten Umfang zulässig sind. Die Zulässigkeit hängt u. a. davon ab, welche Rechtsgrundlage einschlägig ist (z. B. Bergrecht, Abfallrecht, Altlastenrecht, Wasserrecht). Es ist aber nicht nur notwendig, mögliche rechtliche Konflikte, sondern auch potentielle sozio-ökologische Konflikte zu erkennen, deren Auflösung unmittelbare Voraussetzung für die Akzeptanz und praktische Umsetzung der Forschungsergebnisse ist.

Mit der Durchführung des FuE-Vorhabens sollte eine Klärung der folgenden Fragen erfolgen:

- (1) Wie wird das Tagebaurestloch bzw. die Deponie letztlich aussehen?
- (2) Welche Nachnutzungen sind für das Tagebaurestloch bzw. das Grundwasser und die Vorfluter im Umfeld grundsätzlich möglich und welche Wasserqualität muss dazu erreicht werden?
- (3) Welche Stoffausträge aus der Deponie sind aus rechtlicher Sicht vertretbar?
- (4) Welche Stoffe werden im Zuge der Wasseranstiegs in welchen Mengen bzw. Konzentrationen aus dem Deponiekörper ausgewaschen, wohin werden sie transportiert und wie wirken sie sich letztlich auf die Umwelt aus?
- (5) Wieweit können diese Stoffausträge mit verschiedenen technischen Maßnahmen reduziert werden und welche Kosten sind damit verbunden?
- (6) Wie stellt sich das Verhältnis zwischen den Kosten für eine Reduzierung der Stoffausträge und dem daraus entstehenden Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit dar?

Zur Analyse und Beantwortung dieser Fragestellungen wurden folgende Arbeitspakete geschnürt und bearbeitet.

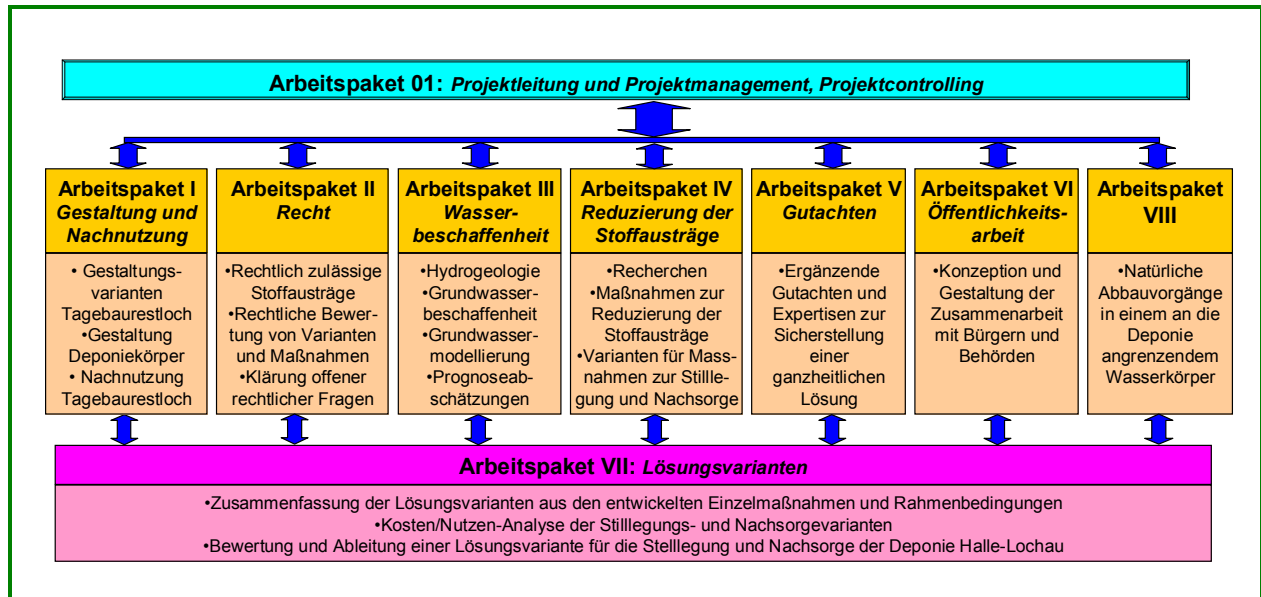


Abbildung IV: Struktur der Arbeitspakete

Bei der Durchführung der Forschungsarbeiten wurde auf die vorliegenden Dokumentationen im Bereich der Tagebaurestloches Lochau und seinem Umfeld, Veröffentlichungen und Ergebnisse aus laufenden Maßnahmen des Bergbau sowie der Umweltüberwachung mit Hilfe der Monitoringmessnetze der AWH, der MUEG und der LMBV zurückgegriffen.

Wichtige Denkanstöße kamen von den Fachleuten des Projektbeirates, die das Vorgehen und die Interpretation von Zwischenergebnissen kritisch hinterfragten und im Rahmen von vertiefenden Fachdiskussionen vielfältige Anregungen für das Forschungsvorhaben gaben.

## ■ Ausgewählte Forschungsergebnisse

### • Gefahrenbewertung für den Ausgangszustand

Auf Grund der derzeitigen hydrodynamischen Situation im Bereich der Deponie kann nachgewiesen werden, dass im Ausgangszustand unter den gegenwärtigen hydraulischen Randbedingungen keine Beeinträchtigung des Schutzgutes Wasser möglich ist. Die vorhandenen Wasseranalysen aus den verschiedenen Grundwasserleitern zeigen an, dass außerhalb des TRL Lochau keine Einflüsse von Schadstoffen aus der Deponie vorhanden sind und eine relativ stabile chemische Beschaffenheit des Grundwassers vorliegt. Innerhalb des TRL werden die Wässer an der Hauptwasserhaltung gefasst. Diese lässt ebenfalls keine Einflüsse der Deponie erkennen.

### • Technische Gestaltungsvarianten für die Deponiestilllegung

Bei der Identifizierung der technischen Gestaltungsvarianten für die Deponiestilllegung stand die Entwicklung solcher Lösungsansätze im Vordergrund, die eine Wiedereingliederung der Deponie und des gesamten Tagebaurestloches in die Landschaft mit ökonomisch vertretbarem Aufwand und mit hohem ökologischen Ergebnis ermöglichen.

Hierfür wurde folgende Systembetrachtung entwickelt:

Tabelle I: Zielsystem und Zielkriterien

Zielsystem		Zielkriterien Variantengegenüber- stellung im Sinne der Beurteilung der Zieler- füllung	Teilkriterien verbalargumentative Bewertung der Untersuchungsvarianten
Nachhaltigkeit	Nachsorgearmut	Geotechnische Sicher- heit	Dauerstandsicherheit Böschungen
			Risikobereiche
		Wasserfassungen	Ableitung Grundwasseranstrom und der Oberflächenwässer (Ent- wässerung)
			Freie Anbindung an Vorflut
	Gesamtheitlichkeit	Umweltfolgeabschät- zung	Schutzgut Luft
			Schutzgut Grundwasser
			Schutzgut Oberflächenwasser
			Schutzgut Boden
			Schutzgut Flora/Fauna
			Schutzgut Mensch
			Schutzgut Landschaftsbild
		Folgenutzung	Flächengestaltung
	Wirtschaftlichkeit	Massenbedarf	Deponiebereich
			Drehpunktbereich
			Böschungsanstützung
			Westschlauch
Rekultivierung			
Zeit		geotechnische Maßnahmen	
		Masseneinbau	
Kosten		Wasseranstieg	
	geotechnische Maßnahmen		
	Massenandienung, -einbau		
Umweltverträglichkeit der Stilllegung und Nachsorge sowie Rechtsrisiken			Bergrecht
			Abfallrecht
			Wasserrecht
			Raumordnung
			Naturschutz

Die Nachsorgearmut und der Verzicht auf unverhältnismäßige technische Mittel für eine Einkapselung stellen dabei die wesentlichen Zielkriterien und Rahmenbedingungen für eine wirtschaftlich und ökologisch vertretbare Langzeitlösung dar. Die Nachsorgearmut beinhaltet, dass die zu wählende Lösungsvariante aus einer Schrittfolge besteht, die den Verzicht auf andauernde Reparaturen zur dauerhaften Konservierung des Deponiebauwerkszustandes berücksichtigt und nach Abschluss der Stilllegungsphase in der anschließenden Nachsorgephase keine bzw. nur ökologisch vertretbare Beeinträchtigungen der Umwelt im Rahmen der Nachsorgephase gewährleistet. Die Lösungsansätze müssen langfristig wirksam und weitgehend selbsttragend und auf eine Integration des Deponiekörpers in die Natur gerichtet sein.

Nachsorgefreie und nachhaltige Lösungsansätze können durch folgende Randbedingungen und Prämissen definiert werden:



1. Emissionen, die zu einer Beeinträchtigung der Schutzgüter (Wasser, Luft) führen können, sind auf das gesellschaftlich akzeptierte Maß zu reduzieren. Die Außerbetriebnahme von Wasserhaltungen kann somit erst zum Zeitpunkt erfolgen, wenn ausschließlich genehmigungsrechtlich zulässige Restemissionen zu erwarten sind.
2. Der Grundwasserschutz wird dauerhaft gewährleistet und eine freie Ableitung der Grund- und Oberflächenwässer in die Vorflut sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht zulässig.
3. Die Setzungen des Deponiekörpers werden bei Profilierungsverfüllung bzw. der Oberflächengestaltung berücksichtigt und sind bis zum Abschluss der Stilllegungs- und Gestaltungsmaßnahmen sowie der Nachnutzung im Wesentlichen abgeschlossen.
4. Die Standsicherheit der Böschungssysteme und die Tragfähigkeit der Oberfläche des Deponiekörpers sind langfristig gegeben.
5. Die Wiedereingliederung der Altdeponie und des Tagebaurestloches in die Landschaft ist auf Basis eines von der Öffentlichkeit akzeptierbaren Nachnutzungskonzeptes erreichbar.

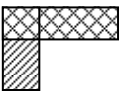
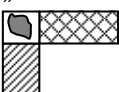
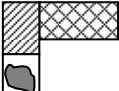
Ausgehend von diesen Grundätzen wurden verschiedene Gestaltungsvarianten für die Deponiestilllegung unter Berücksichtigung der Situation des gesamten Tagebaurestloches mit seinem Ost- und Westschlauch entwickelt.

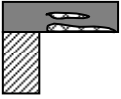

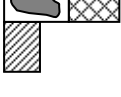
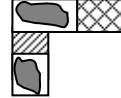
Der Abschluss der Stilllegungsphase ist variantenabhängig und wurde mit dem Abschluss der Oberflächengestaltung bzw. mit Erreichen des Endwasserspiegels für das wiederansteigende Grundwasser gleichgesetzt. Die Nachsorgephase umfasst Kontroll-, Überwachungs- und Erhaltungsmaßnahmen, wobei mit dem Zeitpunkt der Entlassung aus der Nachsorgephase die Nachnutzung beginnt.

Bezüglich der Gestaltung des benachbarten Westschlauches wurden die Vorgaben des Bergrechtes und des Abschlussbetriebsplanes berücksichtigt, d. h., es wurden die geplanten Sicherungsmaßnahmen zur Wiedernutzbarmachung und Nachnutzung einbezogen.

Mit dem Aufbringen einer Rekultivierungsschicht, der anschließenden Begrünung und dem Rückbau der nicht mehr benötigten Anlagen sind diese bergrechtlichen Maßnahmen im Westschlauch abgeschlossen. Die Flächen können dann der Nachnutzung überlassen werden. Außerdem wurden die bergbaulich verkippten Bereiche des Restloches (Innenkippe 1011) berücksichtigt.

Tabelle II: Zusammenfassende Übersicht zu den identifizierten Untersuchungsvarianten

Gestaltungs- und Nutzungsvariante	Kurzbeschreibung der Variante
Untersuchungsvariante 1 „Landvariante“ 	Gesamtverfüllung des Tagebaurestloches bis 90 mHN Landfläche ca. 221 ha Wasserfläche: keine Massenbedarf: ca. 38,5 Mio. m <sup>3</sup>
Untersuchungsvariante 2 „Nordsee“ 	Teilverfüllung Ostschlauch mit Freihalten des Drehpunktbereiches (Wasserkörper) und Verfüllung des Westschlauches bis 90 mHN Landfläche ca. 174 ha Wasserfläche ca. 47 ha (Volumen ca. 7,1 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf: ca. 29,2 Mio. m <sup>3</sup>
Untersuchungsvariante 3 „Südsee“ 	Verfüllung des Ostschlauches und des Drehpunktbereiches sowie Teilverfüllung des Westschlauches bis 90 mHN mit Offenhalten des südlichen Restlochbereiches (Wasserkörper) Landfläche ca. 163 ha Wasserfläche ca. 58 ha (Volumen ca. 12,5 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf ca. 24,6 Mio. m <sup>3</sup>

Gestaltungs- und Nutzungsvariante	Kurzbeschreibung der Variante
Untersuchungsvariante 4.1 „Deponiesee“ 	Ausführen der notwendigsten Sicherungs- und Profilierungsarbeiten nach Ablagerungsstopp 05/2002 in Verbindung mit Freihalten des gesamten Ostschlauches (Wasserkörper) und Verfüllung des Westschlauches bis 90 mHN Landfläche ca. 100 ha Wasserfläche ca. 110 ha (Volumen ca. 11,5 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf ca. 21,35 Mio. m <sup>3</sup> Problem: nicht dauerstandsichere Böschungsbereiche
Untersuchungsvariante 4.2 „Seenlandschaft“ 	Verfüllung des Ostschlauches mit Freihalten des Drehpunkt-bereiches (Wasserkörper) und Teilverfüllung des Westschlauches mit Offenhalten des südlichen Restlochbereiches (Wasserkörper) Landfläche ca. 125,5 ha Wasserfläche ca. 82 ha (Volumen ca. 7,1 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf ca. 20,2 Mio. m <sup>3</sup>
Untersuchungsvariante 4.3 „Deponieumlagerung“ 	Umlagerung der bis 05/2005 deponierten Abfälle innerhalb des Ostschlauches von West nach Ost bei Freihalten des Drehpunkt-bereiches (Wasserkörper) und Verfüllung des Westschlauches Landfläche ca. 140 ha Wasserfläche ca. 80 ha (Volumen ca. 9 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf ca. 24,9 Mio. m <sup>3</sup>
Untersuchungsvariante 4.3.1 „Untervariante Deponieumlagerung“ 	Umlagerung der bis 05/2005 deponierten Abfälle innerhalb des Ostschlauches von West nach Ost bei Freihalten des Drehpunkt-bereiches (Wasserkörper) und Teilverfüllung des Westschlauches mit Offenhalten des südlichen Restlochbereiches (Wasserkörper) Landfläche ca. 84,5 ha Wasserfläche ca. 116 ha (Volumen ca. 18 Mio. m <sup>3</sup> ) Massenbedarf ca. 15,5 Mio. m <sup>3</sup>

Die Untersuchungsvarianten wurden unter Berücksichtigung unterschiedlicher technischer Umsetzungsmaßnahmen in ihren Auswirkungen modelliert.

Zur Bemessung der Reduzierung der Stoffausträge aus dem subaquatischen Deponiekörper (Restemission) und der Wasserbeschaffenheit der Vorflutanbindung im Prognoseendzustand waren dabei die für den Standort und den Schutz der wasserwirtschaftlichen Ordnung geltenden wasserrechtlichen Grundlagen zu berücksichtigen. Bei der Bewertung der Umweltverträglichkeit des Stoffaustrages in Bezug auf die zu erwartende Beschaffenheit des Wasserkörpers im Drehpunkt (87,5 mHN) bzw. der Wässer zur Vorflutanbindung in die „Weiße Elster“ wurden für die Prognosevarianten die Kriterien (Überwachungs- bzw. Einleitwerte) entsprechend der Wasserrechtlichen Erlaubnis (WRE 03/01) der Abfallwirtschaft GmbH GmbH vom 27.03.2001 für die Einleitung von gereinigtem Sickerwasser, anfallendem Oberflächenwasser und Sumpfungswasser aus dem Deponiegelände in die Weiße Elster angesetzt.

Die Prognose der Stoffausträge aus dem Deponiekörper erfolgt im Rahmen dieser Untersuchungen für ausgewählte Leitparameter (CSB, NH<sub>4</sub>-N, AOX, Cl).

Folgende Szenarien wurden für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau betrachtet und mit Prognoseberechnungen untersucht:

0. Deponiestilllegung 05/2005 einschließlich Einstellung der Wasserhaltungsmaßnahmen ohne Durchführung von Gestaltungs- oder weiteren Stilllegungsmaßnahmen (Nullvariante)

- I. Varianten mit Maßnahmen zur Gestaltung des Tagebaurestloches ohne weitere Stilllegungsmaßnahmen (vgl. Tabelle II)
- II. Varianten mit Maßnahmen zur Gestaltung des Tagebaurestloches und weiteren Stilllegungsmaßnahmen

Zur Umsetzung des unter II. genannten Untersuchungsumfangs wurden aufbauend auf den bis dahin erreichten Ergebnissen verschiedene Stilllegungsmaßnahmen entwickelt, auf die jeweiligen Gestaltungsvarianten angewendet und mittels Modellierungen und Prognoseberechnungen hinsichtlich der Zielfunktion einer weiteren Reduzierung der Stoffausträge untersucht. Neben der Ermittlung und Bewertung der Umwelteinflüsse wurden die entwickelten Stilllegungsmaßnahmen auch bezüglich Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit sowie rechtlicher Aspekte charakterisiert.

Die zur Gestaltung des Tagebaurestloches zusätzlich betrachteten Stilllegungsmaßnahmen werden in den Abkürzungen der Variantenkenung mit der folgenden Buchstabensystematik bezeichnet:

- a – Sicherung und Verfüllung des Ostschlauches mit durchlässigem Material in der oberen Zone von 87,5 – 88,5 mHN, darüber Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschicht bis 90 mHN
- b – bei Varianten 2 und 4: Umlagerung von Abfall aus den Bereichen oberhalb 87,5 mHN in Bereiche unterhalb 87,5 mHN  
bei Varianten 1 und 3: Drainagegräben auf dem Deponiekörper
- c – Drehpunkt mit Trenn- und Stützsystem bis 90 mHN
- d – Drehpunkt mit Trenn- und Stützsystem bis 87,5 mHN (87,5 – 90 mHN durchlässig)

Buchstabenkombinationen beschreiben dabei kombinierte Maßnahmen.

Im Zuge der sowohl bei den Gestaltungsvarianten als auch bei den entwickelten Stilllegungsmaßnahmen durchgeführten Vergleiche und Bewertungen reduzierte sich das Spektrum der hinsichtlich der Zielfunktionserreichung Erfolg versprechenden Varianten durch den begründeten Ausschluss ungeeigneter Varianten und Maßnahmen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse wurden schließlich Kombinationsvarianten entwickelt, die die Anwendung mehrerer geeigneter Stilllegungsmaßnahmen auf die betreffende Gestaltungsvariante beinhalten. Auch diese wurden wiederum mittels Modellierung und Prognoseberechnung bezüglich der anzustrebenden Reduzierung der Stoffausträge untersucht. Zuletzt kristallisierten sich in diesem Optimierungsprozess drei mögliche Lösungsvarianten für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau heraus. Diese drei Varianten wurden eingehend und umfangreich vergleichend bewertet.

Im Ergebnis der Bewertung wurde eine dieser Varianten als geeignetste Lösung für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau abgeleitet. Für diese Variante erfolgte dann abschließend eine weitergehende Untersuchung und Charakterisierung.

#### • **Bewertung der Modellprognoseergebnisse**

1. Die Deponiestilllegung ohne zusätzliche technische Maßnahmen (so genannte Nullvariante) nach 2005 führt zu erhöhten Stoffausträgen und zieht in den Wässern der Vorflutbindung einen Gehalt von ca. 33 mg/l NH<sub>4</sub>-N nach sich.  
⇒ Die Einleitkriterien der Wasserrechtlichen Erlaubnis (WRE 3/01) können somit nicht erreicht werden.
2. Für die Untersuchungsvarianten 1 und 3 mit einer vollständigen Verfüllung des Ostschlauches (keine Bildung eines Wasserkörpers im Ostschlauch) war nach den Modellierungsergebnissen erwiesen, dass diese Varianten auch ohne zusätzliche weitere

Maßnahmen die Anforderungen erfüllen. Für den Anwendungsfall Halle-Lochau kommen beide Varianten auf Grund der hohen Massendefizite nicht in Betracht, stellen aber im Ergebnis der Verallgemeinerung der FuE-Ergebnisse für ähnliche Praxisfälle mögliche Lösungen dar.

3. Die Gestaltungsvariante GV 4.1 („Deponiesee“) wurde auf Grund der geotechnischen Risiken insbesondere im Hinblick auf die nicht standsicheren Böschungen und der Modellierungsergebnisse zur nachteiligen Entwicklung der Wasserbeschaffenheit nicht weiter betrachtet.
4. Durch das Aufbringen einer Wasserhaushalts- und Rekultivierungsschicht können bei den verbleibenden Untersuchungsvarianten einem Wasserkörper benachbart zum Deponiekörper die Stoffausträge und die Ammoniumstickstoff-Gehalte der Wässer der Vorflutbindung bei den Untersuchungsvarianten auf ca. 8 mg/l sinken.

⇒ Diese Maßnahme ist allein noch nicht ausreichend, um die Einleitkriterien der WRE 3/01 zu erfüllen.

5. Vertikale Dichtwände nördlich und östlich des Deponiebereichs (Vorfeld) weisen aus hydraulischer Sicht auf Grund der schwachen Strömungsprozesse keine relevante Wirksamkeit zur Reduzierung der Stoffausträge des Deponiekörpers auf. Die z. T. sehr geringen Grundwasser- bzw. Deponiewasserströme können den Aufwand zur Erstellung von Dichtwänden im Vorfeld der Deponie Halle-Lochau nicht rechtfertigen. Mit Dichtungsmaßnahmen würde sich eine Separierung der Grund- und Deponiewässer verbinden, was im Hinblick auf die Langzeitsicherung und nachsorgearme Lösung nicht als zielführend zu bewerten ist.
6. Durch die zusätzliche Errichtung eines technischen Trenn- und Stützsystems mit Barriereigenschaften ( $k_f < 1 \cdot 10^{-9}$  m/s) an der Kontaktstelle Wasserkörper-Deponiekörper bis zur Höhe 90 mHN können die Stoffausträge und die Konzentration der Vorflutwässer auf Ammoniumstickstoff-Werte reduziert werden, die den Einleitkriterien der WRE 3/01 entsprechen.

⇒ Mit dieser Maßnahmekombination werden die Einleitwerte eingehalten, die Flurabstände im Bereich des Deponiekörpers sind jedoch zu gering, um spätere, nachteilige Vernässungen an der Deponieoberfläche auszuschließen. Weitere Maßnahmen bestehend aus mehreren Einzelelementen sind zur Gewährleistung eines integrierten, langfristig wirksamen Sicherungssystems notwendig.

Mit dieser Lösung wären langfristige Bauwerkspflegearbeiten verbunden, was die Zeithorizonte der Stilllegung und Nachsorge unüberschaubar macht.

7. Durch eine zusätzliche Sicherungs- und Verfüllstrategie [Strömungsoptimierung durch Begrenzung der in der Ablagerungsphase eingebauten Abfälle bis maximal 87,5 mHN, geotechnische Sicherung und Verfüllung mit Setzungsausgleich bis 87,5 mHN durch Verwertung von standortgeeigneten Massen ( $k_f$ -Werte variabel ca.  $\leq 10^{-4}$  bis  $\leq 10^{-6}$  m/s;  $\leq 1 \cdot 10^{-6}$  m/s), Verfüllmaterialien höherer Durchlässigkeit von  $> 5 \cdot 10^{-5}$  m/s zwischen 87,5 mHN und 88,5 mHN sowie einer Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschicht mit Waldbewuchs] können Konzentrationen am Ablauf zur Weißen Elster von ca. 3,0 mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$  erreicht werden. Die prognostizierten Flurabstände liegen bei ca.  $> 1,5 - 2,5$  m u. GOK, so dass keine flächenhafte Vernässungen zu erwarten sind.

⇒ Die Einleitkriterien gemäß WRE 3/01 werden eingehalten und die Voraussetzungen für die Nachnutzung gewährleistet.

8. Unter Nutzung der Kreislaufführung von Deponiesickerwasser auf dem Deponiestandort kann mit einer biochemischen Inertisierung ein ergänzender Beitrag zum beschleunigten Schadstoffabbau im Deponiekörper erzielt werden. Die  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentrationen für die Einleitung am Vorfluter werden dadurch im Sinne einer zusätzlichen Sicherheit zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Stilllegung weiter gesenkt.



9. Die Stilllegungs- und Nachsorgeziele werden aus technischer und wirtschaftlicher Sicht am sinnvollsten durch die Berücksichtigung bzw. Umsetzung der o. g. Randbedingungen und Stilllegungsmaßnahmen in Kombination mit
- ⇒ der Errichtung eines Trenn- und Stützsystems (Entwicklungshöhe 87,5 mHN; Ostböschung Drehpunkt mit Grenzflächen des Wasserkörpers zum Deponiekörper; Barriere:  $k_f < 1 \cdot 10^{-9}$  m/s)
- und
- ⇒ der Schaffung von durchlässigen Auffüllbereichen in der oberen Zone des gesicherten Deponiekörper mit einem  $k_f$ -Wert von  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s
- erreicht.
10. Mit dieser Maßnahmenkombination würden die tieferen Abfallbereiche durch ein barriere-wirksames Trennsystem vom Wasserkörper getrennt, so dass der direkte Stoffübergang aus den schadstoffbelasteten Tieflagen vermindert wird. Die Infiltration und damit die hydrologisch bedingten Stoffaustragsmengen werden durch eine Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschicht mit Waldbewuchs deutlich reduziert. Die Durchströmung des Deponiekörpers und damit der Stoffaustrag würden sich vorrangig über die weniger belasteten, durchlässigen Auffüllbereiche zum Wasserkörper vollziehen. Außerdem bewirkt der obere, durchlässige Bereich eine Erhöhung der Flurabstände (ca. > 1,5 – 2,0 m unter Gelände), wodurch die Rekultivierung (Waldbewuchs) und die Nachnutzungsziele (Tragfähigkeit) unterstützt und gewährleistet werden können.
11. Der Prognose zufolge sind die identifizierten Stilllegungsmaßnahmen rechnerisch ausreichend, um für den Zeitraum der Nachsorgephase die Beschaffenheitsanforderungen zur Vorflutbindung für die Leitparameter  $\text{NH}_4\text{-N}$ , CSB und AOX sowie Chlorid ohne weitere zusätzliche technische Maßnahmen langfristig zu gewährleisten. Als zusätzliche, nachhaltige Stützkomponente für die Nachsorgephase werden außerdem die natürlichen Stoffabbau- und -rückhalteprozesse in der Wasserhaltungsanlage im Drehpunktbereich bzw. Deponiekörper wirksam.

### • Vergleich der Lösungsvarianten

Im Ergebnis der Untersuchungen der Gestaltungsvarianten mit Stilllegungsmaßnahmen wurden drei Lösungsvarianten ermittelt, die einer weitergehenden vergleichenden Bewertung unterzogen wurden. Dabei handelt es sich um die folgenden drei Varianten, die als gemeinsames weiteres Merkmal die Herstellung einer Wasserhaushalts- und Rekultivierungsschicht beinhalten:

- 2c: Gestaltungsvariante 2 „Nordsee“, Drehpunkt Trenn- und Stützsystem 90,0 mHN
- 2a+d: Gestaltungsvariante 2 „Nordsee“, Drehpunkt Trenn- und Stützsystem 87,5 mHN, Verfüllung 87,5 mHN bis 88,5 mHN mit durchlässigem Material
- 4.3c: Deponieumlagerungsvariante 4.3, Drehpunkt Trenn- und Stützsystem 90,0 mHN

Für die vergleichende Bewertung erfolgte auch eine Aufwandsermittlung zur Realisierung der drei Varianten. Der Gesamtaufwand für die Stilllegungs- und Nachsorgemaßnahmen resultiert aus den Teilsummen für die notwendigen technischen und begleitenden Maßnahmen:

1. Kosten für die technischen Maßnahmen zur Stilllegung und Nachsorge
2. Aufwand Stilllegungsbetrieb
  - Eingangskontrolle/Eigenkontrolle
  - Betrieb Vorfeldentwässerung
  - Infiltration Sickerwasserkreislaufführung
  - Sickerwasserbehandlung

## 3. Deponiegasfassung und -verwertung

- Kosten für die Gasfassung
- Kosten für die Gasverwertung
- Erlös aus der Verstromung

## 4. Kosten in der Phase des Wasseranstiegs

- Kreislaufführung
- Gesteuerter Wasseranstieg

## 5. Kosten in der Nachsorgephase

- Wasserkörper Belüftung (optional)
- Pflegemaßnahmen (Wasserhaushalts- und Rekultivierungsschicht; Grabensysteme etc.)
- Monitoring und Überwachung

Tabelle III: Übersicht zur vergleichenden verbal-argumentativen Kosten-Nutzen-Bewertung der Lösungsvarianten zur Stilllegung, Nachsorge und Folgenutzung einer subaquatischen Deponie in einem Tagebaurestloch am Beispiel der Deponie Halle-Lochau

Bewertungskriterium		Varianten		
		2a+d <sup>1)</sup>	2c <sup>2)</sup>	4.3c <sup>3)</sup>
1	Nachhaltigkeit durch einen weitgehend selbsttragenden, nachsorgefreien Endzustand (Nachsorgearmut) mit Gewährleistung der Nachsorgeziele	Nachhaltigkeit durch weitgehend selbsttragende, nachsorgefreie Lösung	Nachhaltigkeit durch weitgehend selbsttragende, weitgehend nachsorgefreie Lösung	Nachhaltigkeit durch weitgehend selbsttragende, weitgehend nachsorgefreie Lösung
1.1	Funktionalität	Funktionalität durch Nutzung der Regenerationskraft von Natur und Landschaft	Funktionalität durch Nutzung der Regenerationskraft von Natur und Landschaft	Funktionalität durch Nutzung der Regenerationskraft von Natur und Landschaft
1.2	Dauerbestand der Lösung	Dauerbestand der Lösung mit der Reduzierung der Stoffausträge, dem Grundwasserschutz und einer stabile Grundwasserströmung gewährleistet	Dauerbestand der Lösung mit der Reduzierung der Stoffausträge, dem Grundwasserschutz und einer stabile Grundwasserströmung gewährleistet	Dauerbestand der Lösung mit der Reduzierung der Stoffausträge, dem Grundwasserschutz und einer stabile Grundwasserströmung gewährleistet
1.3	Nachsorgefreiheit	Nachsorgefreiheit durch selbsttragende Vorflutbindung bis HQ 100 und Erfüllung der WRE 3/01, Nutzung der natürlichen Stoffabbau- und -rückhalteprozesse im DK und WK	Nachsorgefreiheit durch selbsttragende Vorflutbindung bis HQ 100 und Erfüllung der WRE 3/01, Nutzung der natürlichen Stoffabbau- und -rückhalteprozesse im DK und WK	Nachsorgefreiheit durch selbsttragende Vorflutbindung bis HQ 100 und Erfüllung der WRE 3/01, Nutzung der natürlichen Stoffabbau- und -rückhalteprozesse im DK und WK
1.4	Gewährleistung der Nachsorgeziele	Gewährleistung der Gestaltungshöhe 90 mHN, Langzeitsicherheit Restlochböschungen	Gewährleistung der Gestaltungshöhe 90 mHN, Langzeitsicherheit Restlochböschungen	Gewährleistung der Gestaltungshöhe 90 mHN, Langzeitsicherheit Restlochböschungen
2.1	Technische Machbarkeit der Maßnahmen	technisch realisierbar	technisch realisierbar	technisch realisierbar
2.2	Angemessenheit des monetären Aufwandes und finanzielle Absicherung	100 %	104 %	209 %

Bewertungskriterium		Varianten		
		2a+d <sup>1)</sup>	2c <sup>2)</sup>	4.3c <sup>3)</sup>
2.3	Überschaubarkeit und vertretbarer Zeitaufwand	Stilllegungsphase bis zum Jahre 2021, Nachsorge von 2022 bis ca. 2031, erfüllt	Stilllegungsphase bis zum Jahre 2021, Nachsorge von 2022 bis ca. 2031, erfüllt	Stilllegungsphase bis zum Jahre 2021, Nachsorge von 2022 bis ca. 2031, erfüllt
2.4	Restrisiken	bei Umsetzung der Lösungsvariante keine sichtbaren geotechnischen und hydraulischen Risiken	verbleibendes geotechnisches Restrisiko auf Grund des hydraulischen Dauerbelastungszustandes zwischen dem Wasserkörper 87,5 und dem Deponiekörper ca. 89,5 mHN sowie der Einkapselung des Schadstoffherdes („Konservierung“, ohne überschaubaren Schadstoffabbau, Vernachlässigung der Generationsverpflichtung)	verbleibendes geotechnisches Restrisiko auf Grund des hydraulischen Dauerbelastungszustandes zwischen dem Wasserkörper 87,5 und dem Deponiekörper ca. 89,5 mHN sowie der Einkapselung des Schadstoffherdes („Konservierung“, ohne überschaubaren Schadstoffabbau, Vernachlässigung der Generationsverpflichtung)
3	Gesamtheitlichkeit – Gestaltung und Nachnutzung			
3.1	Gestaltung der Deponie unter Berücksichtigung des Tagebaurestloches	Kriterium durch Wasserfläche und Waldbewuchs sowie nutzbare relevante, tragfähige Flächen im Deponiebereich (Begehbarkeit, Befahrbarkeit) erfüllt	Kriterium durch Wasserfläche und Waldbewuchs erfüllt; jedoch Nutzungseinschränkungen infolge von Vernässungerscheinungen und eine eingeschränkte Befahr- und Begehbarkeit möglich	Kriterium durch Wasserfläche und Waldbewuchs erfüllt; jedoch Nutzungseinschränkungen infolge von Vernässungerscheinungen und eine eingeschränkte Befahr- und Begehbarkeit möglich
3.2	Nachnutzung und Eingliederung in die Landschaft	Wasserfläche, Waldfläche: keine Einschränkungen erkennbar	Wasserfläche, Waldflächen mit Feuchtgebieten: Nachnutzung und Begehbarkeit eingeschränkt	Wasserfläche, Waldflächen mit Feuchtgebieten: Nachnutzung und Begehbarkeit eingeschränkt
4	Umweltverträglichkeit der Stilllegung und Nachsorge sowie Rechtsrisiken <sup>4)</sup>			
4.1	Zulassung der Ausnahmeregelung nach DepV § 14 Abs. 6	Umweltverträglichkeit und keine Rechtsrisiken sind gegeben (siehe AP II)	Umweltverträglichkeit und keine Rechtsrisiken sind gegeben (siehe AP II)	Rechtsrisiken aufgrund der Gesundheitsrisiken noch nicht abschließend geklärt (siehe AP II)
4.2	Schutz des Menschen und der Umwelt (Grundwasserschutz, Vorflutbindung, geotechnische, innere und äußere Sicherheit nach Abschlüssen der Setzungen)	Grundwasserschutz ist gewährleistet, WRE 3/01 wird erfüllt	Grundwasserschutz ist gewährleistet, WRE 3/01 wird erfüllt	Grundwasserschutz ist gewährleistet, WRE 3/01 wird erfüllt
4.3	Bestandsschutz (Objekte, Anlagen, Schutzge-	Bestandsschutz und tangierende	Bestandsschutz und tangierende	Bestandsschutz und tangierende

Bewertungskriterium	Varianten		
	2a+d <sup>1)</sup>	2c <sup>2)</sup>	4.3c <sup>3)</sup>
biete, Planabsichten etc.)	Planabsichten	Planabsichten	Planabsichten

Bemerkungen:

<sup>1)</sup> Ergebnisse sind auf Gestaltungsvariante 4.2a+d übertragbar

<sup>2)</sup> Ergebnisse sind auf Gestaltungsvariante 4.2c übertragbar

<sup>3)</sup> Ergebnisse sind auf Gestaltungsvariante 4.3.1c übertragbar

<sup>4)</sup> Umweltverträglichkeit und Rechtsrisiken im Sinne der Zulassung nach der Ausnahmeregelung gemäß DepV § 14 Abs. 6 sowie dem KrW-/AbfG § 10

Für den Fall der Umsetzung der Variante 2a+d ergibt sich zur Variante 2c eine wirtschaftliche Kostenersparnis. Beide Varianten sind im Grundansatz vergleichbar, unterscheiden sich jedoch in der Entwicklungshöhe des Trenn- und Stützdammes im Drehpunktbereich (Variante 2a+d: 87,5 mHN; Variante 2c: 90 mHN). Die Erhöhung des Aufwandes zwischen der Variante 2a+d und Variante 2c resultiert neben den geringfügigen Abweichungen der technischen Maßnahmen (z. B. Drainagematerial, Verfüllmaterial, Rekultivierungsschicht etc.) insbesondere aus den zusätzlichen Aufwendungen in der Nachsorgephase. Diese sind in der Variante 2c erforderlich, da von einem erhöhten Aufwand zur Nachsorgepflege im Bereich der Oberflächenabdichtung (Vernässungen, Tragfähigkeit, Bewuchs etc.) auszugehen ist.

Die Kostenersparnis zwischen den Varianten 2a+d (TSD 87,5 mHN) und 2c (TSD 90,0 mHN) liegt insgesamt bei einer Höhe von ca. 4 %.

Bei der Variante 4.3c ergibt sich im Vergleich zur Variante 2a+d hinsichtlich der direkt dem Stilllegungs- und Nachsorgebetrieb zuordenbaren Kosten eine relative Steigerung von zusätzlich 109 %.

#### • Identifizierung der geeignetsten Lösungsvariante

Eine vollständige hydraulische Separation des Deponiekörpers vom Wasserkörper durch ein Trenn- und Stützsystem an der Westseite der Deponie mit einer Entwicklungshöhe von 90 mHN liefert nach den Modellvarianten sehr geringe Deponiedurchflüsse (Stoffaustrag, Restemission) und entsprechend schwach belastete Ablaufwässer zur „Weißen Elster“. Nachteilig wäre jedoch die damit verbundene Staunässe über dem Deponie- und Gestaltungskörper [flurnahe Grundwasserstände mit erhöhter Verdunstung; Vernässungsgefahr; eingeschränkte Tragfähigkeit (Befahrbarkeit, Begehbarkeit); Limitierung des Bewuchses etc.]. Außerdem wäre mit dieser Lösung die Einkapselung des Deponiekörpers mit seiner Schadstoffbelastung und damit eine gewisse Unüberschaubarkeit inklusive der Verschiebung der Problemlösung in die weitere Zukunft verbunden. Dies würde einer Delegierung der Restrisiken für die nachfolgenden Generationen gleichkommen. Neben dem „Konservierungsproblem“ bringt auch die hydraulisch bedingte Dauerbelastung zwischen dem Deponiekörper (Wasserspiegel ca. maximal 89,5 mHN (und dem Wasserkörper (ca. 87,5 mHN) ein langfristig latentes Restrisiko (Wasserspiegeldifferenz ca. 2 m) mit sich.

Ein Trenn- und Stützsystem bis 87,5 mHN, das die Tiefzonen des Abfallbereiches vom Wasserkörper hydraulisch abschirmt, würde einerseits die Durchströmung im Abfall stark einschränken und andererseits einen freien Ablauf aus dem Auffüllbereich über der Deponie in Richtung Wasserkörper die Grundwasserstände über dem Deponiekörper regulieren. Die Höhe der auftretenden Stoffausträge ist unter diesem Szenario von den Ausgangskonzentrationen und den Belastungen der Massen in den Sicherungs- und Verfüllbereichen abhängig. Deshalb werden die zulässigen Stoffgehalte und –konzentrationen (Eluatwerte) für die Sicherungs- und Verfüllmassen im Sinne des standortbezogenen Ansatzes für die Stilllegung gemäß § 14 Absatz 6 DepV und der Gewährleistung der Ablaufkonzentrationen der Wässer der Vorflutbindung entsprechend der WRE 03/01 bemessen.

Für die Stilllegung und Nachsorge mit einem Trenn- und Stützsystem bis 87,5 mHN wurde eine entsprechende Modellprognose zum Wasseranstieg im Drehpunkt und zur Wassersättigung



bzw. Auffüllung des Deponiekörpers aufgestellt. Ausgehend von der Verfüllung des Deponiebereiches generell unter der Höhenmarke 87,5 mHN bis zum Zeitpunkt 6/2005, der geotechnischen Sicherung des Deponiekörpers durch die Verfüllung bis 88,5 mHN einschließlich des Ausgleiches der Deponiesetzungen sowie der Oberflächenabdeckung mit einer Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschicht aus kulturfähigen Böden bis 90 mHN mit Waldbewuchs wurde der Wasseranstiegsprozess im Drehpunktbereich und die Aufsättigung des Deponiekörpers modelltechnisch prognostiziert. Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit der Berücksichtigung und des Abgleiches der zeitlichen Entwicklung der Wasserstände im Drehpunktbereich (Wasseranstieg) und dem Deponiekörper. Dazu ist die Umsetzung von entsprechenden technischen Maßnahmen zum Zeitpunkt der Außerbetriebnahme der Wasserhaltungen (SiWaFa) sowie optional eine technisch gestützte Aufsättigung des Deponiekörpers notwendig.

Die Ableitung effektiver technischer Maßnahmen für die Deponie Halle-Lochau wurde in verschiedenen Modellprognoseberechnungen unter Berücksichtigung der auflastbedingten Setzungen und der mikrobiell bedingten Sackungen für den Endzustand betrachtet. Mit dem Gesamtmaßnahmepaket zur Stilllegung der Deponie Halle-Lochau können die Einleitkriterien gemäß WRE 3/01 für die Leitparameter (NH<sub>4</sub>-N, CSB, AOX und Chlorid) erreicht werden.

Durch die Konzeption mit den möglichen technischen Maßnahmen im Gesamtpaket bestehen ausreichende Sicherheiten für das Erreichen der Stilllegungs- und Nachsorgeziele. Die Schadstoffausträge werden unter Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen, rechtlichen und ökonomischen Randbedingungen auf ein umweltverträgliches Maß reduziert. Die Prognosezahlen belegen, dass die der Lösungsvariante zu Grunde liegende fortschreibbare, effiziente Lösung machbar ist und unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile die effektivste Maßnahmepaketkombination darstellt.

Abbildung V enthält einen Überblick zu den durchgeführten Detailuntersuchungen für die ermittelte geeignetste Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau.

Die durch Modellierungsuntersuchungen ermittelten Prognosezahlen belegen, dass es sich bei der im Ergebnis aller Untersuchungen und Optimierungen ermittelten Variante um die sinnvollste Lösung handelt, mit der die Stilllegung und Nachsorge der subaquatischen Deponie Halle-Lochau machbar ist. Die Schadstoffausträge können unter Berücksichtigung der ökologischen und ökonomischen Ziele auf ein rechtlich zulässiges und umweltverträgliches Maß reduziert werden.

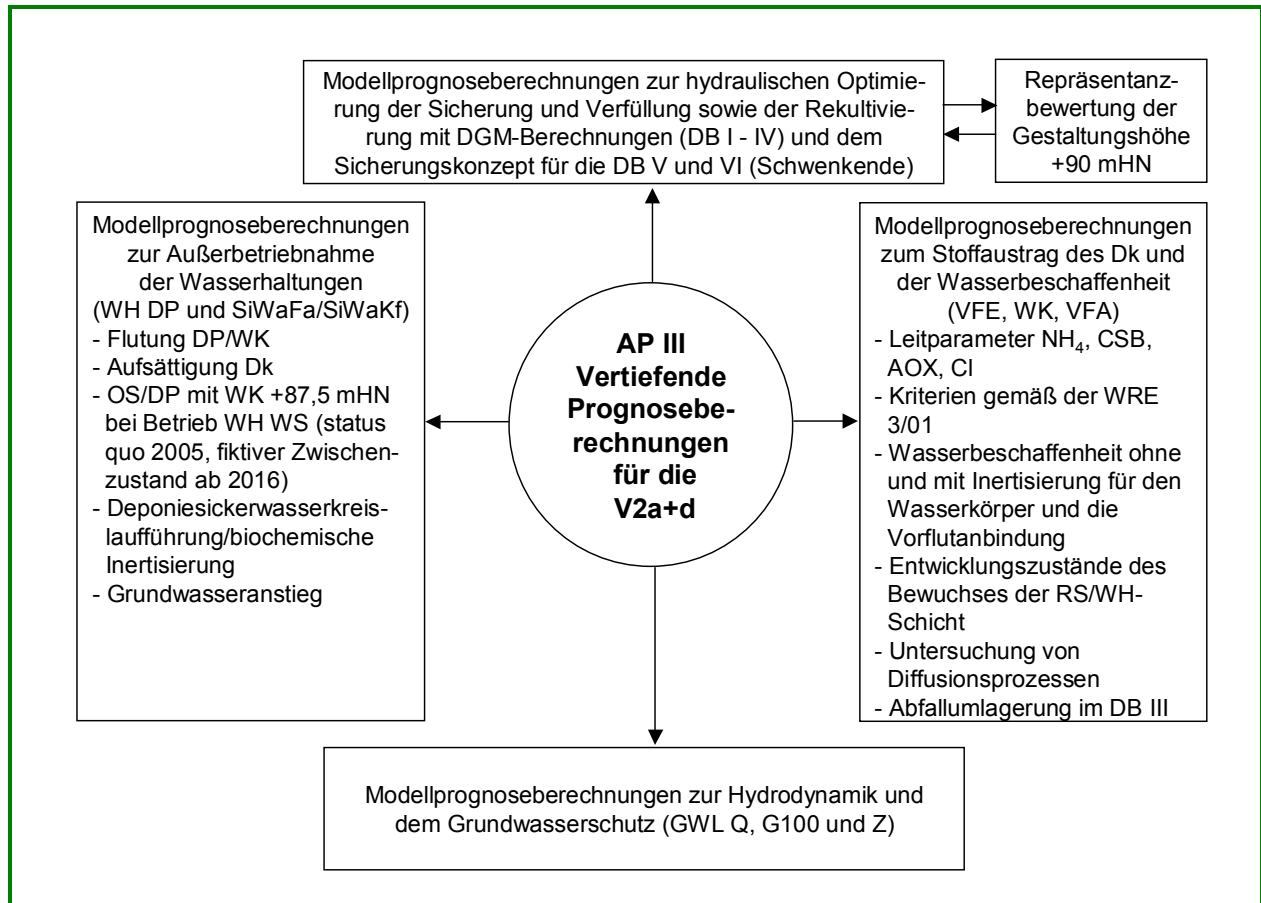


Abbildung V: Übersicht zu Modellprognoseberechnungen für ermittelte Lösungsvariante

- **Maßnahmekonzept der abgeleiteten Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau**
  - Geotechnische Sicherung und Verfüllung mit hydraulisch optimierter Deponiekörpergestaltung unter Beachtung der Setzungen zur Reduzierung der Stoffausträge
  - Errichtung von Trenn- und Stützsystemen am Deponiekörper zur Reduzierung der Stoffausträge
  - Aufbau einer Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschicht mit Waldbewuchs zur Reduzierung der Stoffausträge
  - Weiterbetrieb und modifizierte, optimierte Nutzung von bestehenden technischen Anlagen zur Stilllegung der Deponie Halle-Lochau (Sickerwasserfassung, Deponiegasfassung, Deponiegasverwertung) während der Stilllegungsphase und Sickerwasserkreislaufführung zur Reduzierung der Stoffausträge
  - Hydraulische Sicherung des Deponiekörpers durch den Weiterbetrieb und die Modifizierung von bestehenden technischen Anlagen (z.B. Wasserhaltung, Vorflutanbindung, Kontroll- und Havariesysteme)
  - Natürlicher Stoffabbau im Deponiekörper durch die Optimierung des Gasaustrags und die Stimulation der biochemischen Inertisierung durch ergänzende technische Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffausträge
  - Anlagenrückbau
  - Monitoring, Überwachung und Kontrolle

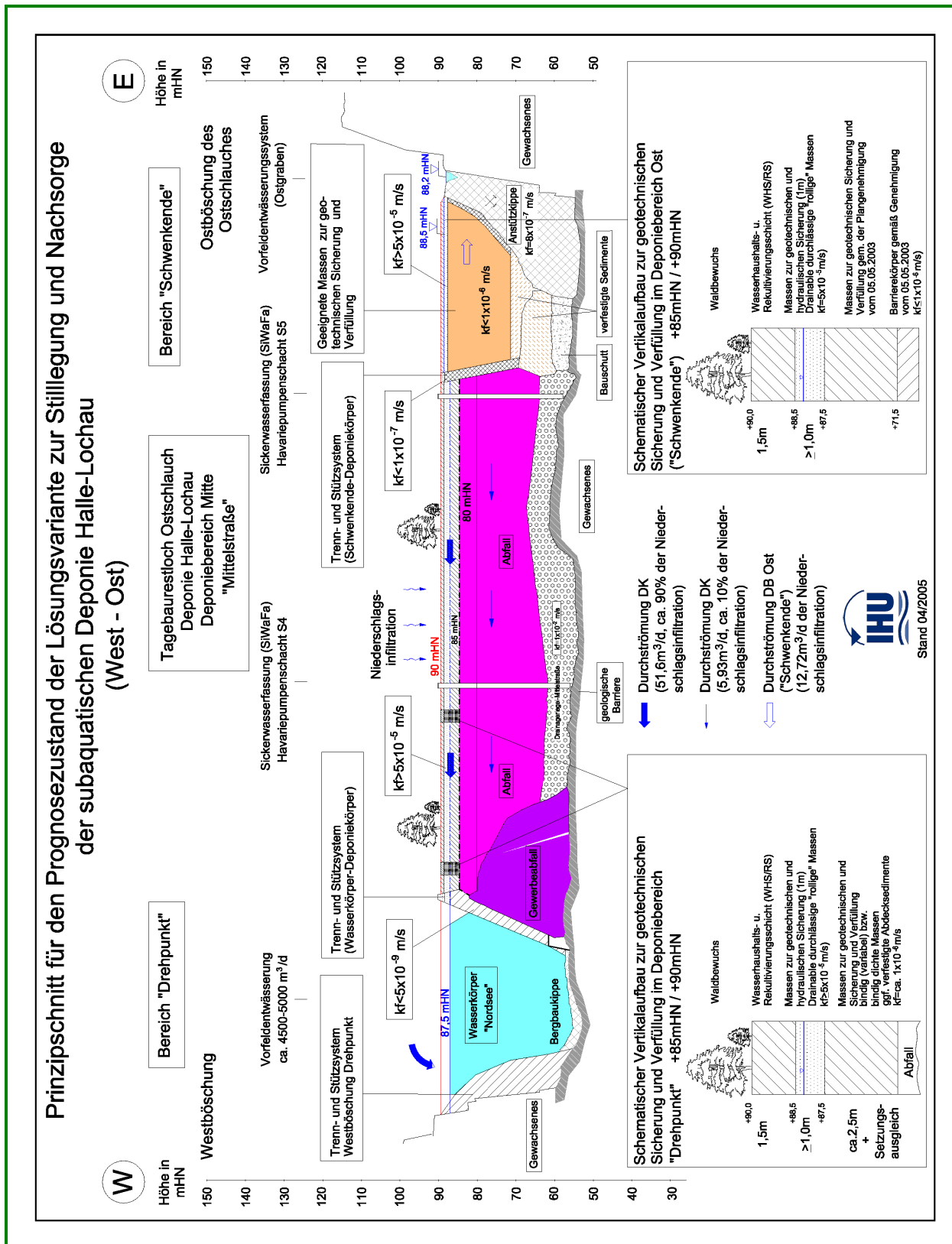


Abbildung VI: Prinzipsschnitt für den Prognosezustand der Lösungsvariante für die Deponie Halle-Lochau

Im Zuge der Umsetzung der technischen Maßnahmen ist zu gewährleisten, dass in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Deponiekörperverhalten eine kontinuierliche, laufende Präzisierung und ein Abgleich der Einzelmaßnahmen im Zuge der Stilllegung und Nachsorge erfolgt. Sollten wechselnde Randbedingungen wie z. B. die Setzungen und Schadstoffkonzentrationen von den Prognosewerten abweichen, kann durch zusätzliche, geeignete, technische, temporäre Maßnahmen der angestrebte Endzustand erreicht werden.

Solche Maßnahmen wären z. B.:

- eine nachträgliche Anpassung der Einbauhöhen mit geeigneten Materialien,
- eine temporäre, aktive Wasserrfassung im Deponiekörper und Behandlung der Deponiewässer.

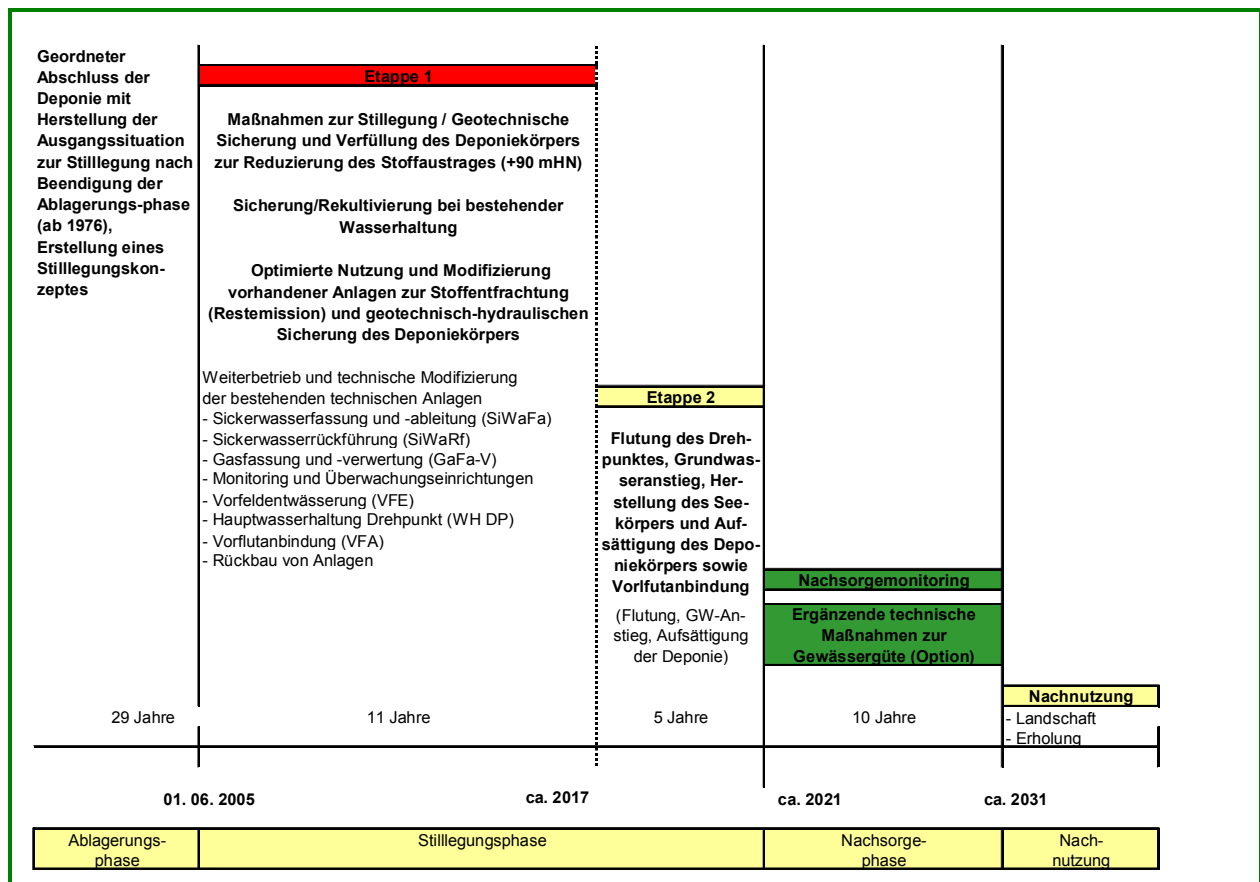


Abbildung VII: Übersichtsschema zur abgeleiteten Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau



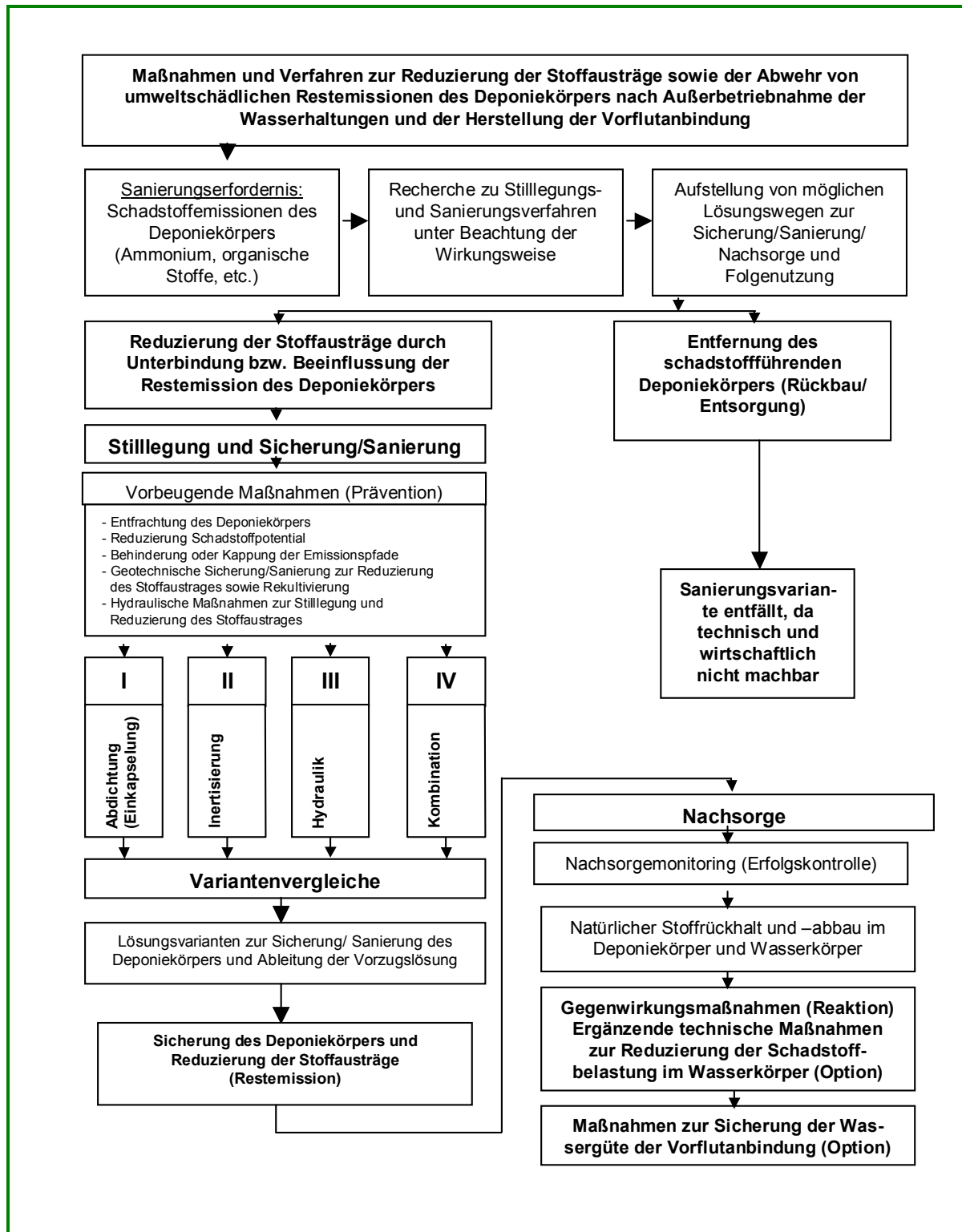


Abbildung VIII: Strategischeschema zur Ableitung der Lösungsvariante

Tabelle IV: Technische Maßnahmen der abgeleiteten Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau

Lfd. Nr.	Maßnahmen zur Stilllegung	Laufzeit		Kurzbeschreibung der Stilllegungsmaßnahmen	
		Etappe 1	Etappe 2	Etappe 1	Etappe 2
I	Geotechnische Sicherung und Verfüllung mit Setzungsausgleich sowie Rekultivierung, Aufbau von Trenn- und Stützsystemen	06/05 – 12/16	01/17 – 12/19	Nordteil (Hausmüll); Mittelteil (Mittelstraße) und Südteil (Gewerbemüll) sowie Bereich Ost (Nordostteil und Schwenkende); Rekultivierung, Aufforstung Geotechnische Sicherung des Deponiekörpers (Trenn- und Stützsysteme DP und NE-SE) Nordgraben (Verfüllung, Sicherung) Standsicherheit Böschungssysteme (DP)	Rekultivierung, Aufforstung, Nordgraben (Verfüllung, Sicherung)
II	Maßnahmen zur Entfrachtung und Reduzierung der Stoffausträge (Restemission)	06/05 – 12/16	01/17 – 12/20	Weiterbetrieb und Modifizierung der Sickerwasserfassung (SiWaFa) S4, S5, Verwahrung (S3), S1 und S2 Sickerwasserrückführung (SiWaRf) Weiterbetrieb und Modifizierung der Deponiegasfassung und –verwertung (GaFaV)	Weiterbetrieb und Außerbetriebnahme der Sickerwasserfassung (SiWaFa) Sickerwasserrückführung (SiWaRf) Weiterbetrieb und Außerbetriebnahme der Deponiegasfassung und –verwertung (GaFaV)
III	Rückbau von technischen Anlagen und Objekten	01/16 – 12/16	01/17 – 12/21	SiWa-Polder DP; <87,5 mHN Anlagenrückbau	Anlagenrückbau >87,5 mHN außerhalb DP
IV	Entwässerungstechnische Maßnahmen Außerbetriebnahme Wasserhaltung und Wasseranstieg, Grundwasseranstieg, Abgleich zur Aufsättigung des Deponiekörpers	06/05 – 12/16	01/17 – 12/21	Betrieb des Vorfeldentwässerungssystems 85 mHN (VFE) zur Fassung des GW-Anstromes und Ableitung zum DP; Modifizierung der VFE auf 88 mHN (Bau); Betrieb der modifizierten VFE 88 mHN; Betrieb der Hauptwasserhaltung Drehpunkt WH DP) 60 mHN; Betrieb der Vorflutanbindung (VFA) „Weiße Elster“; Ableitung der Wässer aus dem Pumpbetrieb der WH DP	Außerbetriebnahme WH DP/VFA; Wasseranstieg im Drehpunkt Modifizierung der VFA (Bau) Abgleich zur Aufsättigung des Deponiekörpers
V	Überwachung und Monitoring	06/05 – 12/16	01/17 – 12/21	Monitoring und Überwachung der Stilllegungsphase	

Lfd. Nr.	Maßnahmen zur Stilllegung	Laufzeit		Kurzbeschreibung der Stilllegungsmaßnahmen	
		Etappe 1	Etappe 2	Etappe 1	Etappe 2
VI	Bergbaufsicht TRL Lochau und bergbauliche Maßnahmen zur Rekultivierung des Westschlauches	06/05 – 12/16	01/17 – 12/21	Montanhydrologisches Monitoring TRL Lochau Ostschlauch (OS) – Innenkippe (IK) – Westschlauch (WS); LMBV und MUEG Geotechnische Sicherung und Verfüllung des TRL Lochau Westschlauch (Wiederurbarmachung) mit Abgleich der Wasserhaltungen und der Absenkungsbeträge auf das Auffüllniveau des WS und die Stilllegungsmaßnahmen im Ostschlauch (OS); (MUEG)	

### • **Wirksamkeit der abgeleiteten Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau**

Im Ergebnis von Wirksamkeitsbetrachtungen für die vorgeschlagenen technischen Maßnahmen zur Stilllegung und Nachsorge können folgende Aussagen getroffen werden:

- Der technische Aufwand ist effizient. Die Laufzeit der Gesamtmaßnahme ist mit ca. 16 Jahren für die Stilllegung und ca. 10 Jahren für die Nachsorge überschaubar.
- Das fortschreibbare Konzept der Lösungsvariante zur Stilllegung und Nachsorge berücksichtigt die Prämissen:
  - ⇒ Nachhaltigkeit (Wirtschaftlichkeit, Nachsorgearmut, Gesamtheitlichkeit) und
  - ⇒ Umweltverträglichkeit der Stilllegung und Nachsorge sowie Rechtsrisiken
- Der verbleibende Stoffaustrag und die Restemission des Deponiekörpers wird durch die technischen Maßnahmen nach den wasserwirtschaftlichen Anforderungen (WRE 3/01) langfristig wirksam auf ein umweltverträgliches Maß reduziert. Das Wohl der Allgemeinheit und die Schutzgüter werden nicht nachteilig beeinträchtigt.
- Der Grundwasserschutz wird vom Ausgangszustand (12/2003) über den Zeitraum der Stilllegungsphase in der Nachsorgephase bzw. im Endzustand jederzeit gewährleistet.
- Nach der Entstehung eines Wasserkörpers in Nachbarschaft zum Deponiekörper erscheint eine „freie“ Ableitung der Grund- und Oberflächenwässer in die Vorflut „Weiße Elster“ als möglich.
- Der Deponiekörper wurde durch die geotechnische Sicherung in einen langfristig sicheren Endzustand versetzt.
- Im Ostschlauch, den Randbereichen des Deponiekörpers, dem Westschlauch und der Innenkippe sind zum Abschluss der Stilllegungsmaßnahmen langzeitliche, standsichere Böschungssysteme vorhanden.
- Mit den Stilllegungsmaßnahmen ist somit die Grundlage für die Nachsorgephase gegeben.
- Auf Basis der technischen Stilllegungsmaßnahmen ist eine den öffentlichen Interessen entsprechende landschafts- und naturnahe Folgenutzung möglich.

Zusammenfassend ist für die Stilllegungsphase sowohl im Hinblick auf die Maßnahmenabfolge als auch hinsichtlich der Zeitschiene davon auszugehen, dass die Anforderungen an die endgültige Stilllegung gemäß DepV gewährleistet werden können.

## • Bewertung der prognostischen Entwicklung

Nach der weitgehenden Aufsättigung ( $\geq 87,5$  mHN) des geotechnisch gesicherten und vollständig rekultivierten Deponiekörpers und nach Abschluss des Wasseranstiegs im Drehpunkt beginnt die Nachsorgephase (Gesamtlaufzeit: ca. 10 Jahre). Kernstück der Nachsorgephase ist die Erfolgskontrolle zur Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der in der Stilllegungsphase durchgeführten Maßnahmen.

Die Nachsorgephase am Standort der Deponie Halle-Lochau ist durch folgende Randbedingungen und Zustände gekennzeichnet:

- Abschluss der technischen Maßnahmen zur Rekultivierung Deponiekörper ist erfolgt
- Stabilität der hydraulischen Verhältnisse durch die Vorfeldd entwässerung, den Wasserkörper, den wassergesättigten Deponiekörper und die Vorflutanbindung ist gegeben; allseitiger Zustrom zum Wasserkörper bzw. dem Vorfeldd entwässerungssystem sichert den Grundwasserschutz
- Verringerung der verbleibenden Restemission des Deponiekörpers durch die technischen Maßnahmen zur Reduzierung des Stoffeintrages sowie durch Nutzung von natürlichen Stoffabbau- und Rückhalteprozessen auf ein umweltverträgliches Maß (gemäß der WRE 3/01)
- Sicherung des Bereiches Drehpunkt durch entsprechende technische Maßnahmen ist erfolgt
- Errichtung des Trenn- und Stützsystems im Drehpunktbereich mit Barrierewirkung bis zum Höhenniveau von ca. 87,5 mHN ist erfolgt
- Wasserkörper wird als Betriebsanlage genutzt
- Reduzierung der niederschlagsbedingten Infiltration Rekultivierungs- und Wasserhaltungsschicht mit Waldbewuchs
- Wasserkörper (87,5 mHN) mit einer selbsttragenden Ableitung zur Vorflut
- Vorflutanbindung „Weiße Elster“ 87,5/85,5 mit Ablaufmengen von ca. 5000 m<sup>3</sup>/d und Stoffkonzentrationen der Ablaufwässer NH<sub>4</sub>-N: ca.  $\leq 3$  mg/l (Erfüllung der Leitparameter NH<sub>4</sub>, CSB, AOX und Cl gemäß WRE 3/01)
- bergbauliche Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung

In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Erfolgskontrolle erscheint die Entlassung aus der Nachsorge nach den Prognosedaten zum 31. 12. 2031 als möglich. Ggf. werden dazu optional ergänzende technische Maßnahmen durchgeführt.



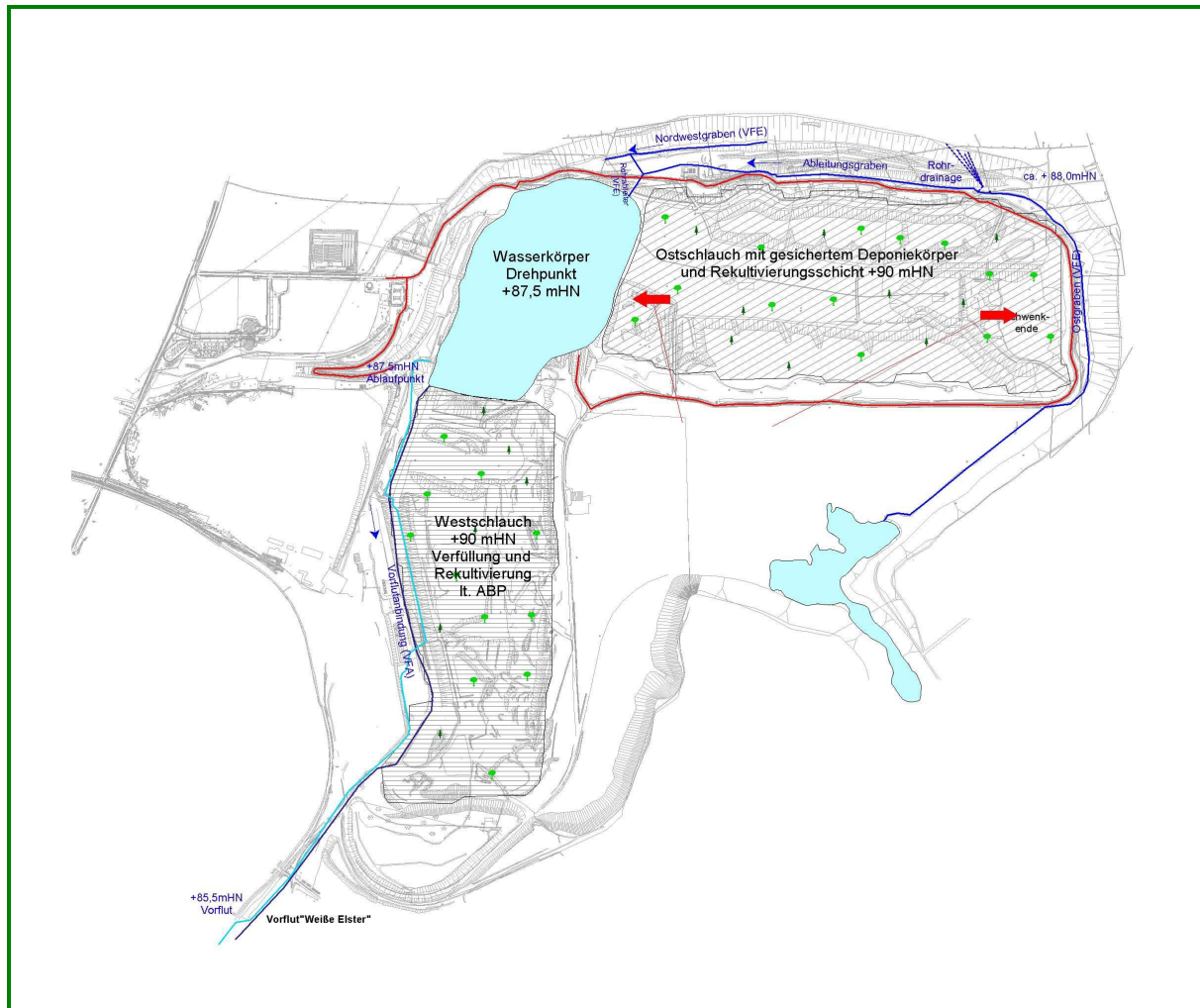


Abbildung IX: Endzustand für die abgeleitete Lösungsvariante zur Stilllegung der Deponie Halle-Lochau

### • Sicherheiten für das Stilllegungskonzept

Nach der Aufsättigung des Deponiekörpers ( $\geq 87,5$  mHN) setzt der natürliche Stoffaustrag des Deponiekörpers zum Wasserkörper und dem Vorfeldentwässerungssystem ein. Der Wasserkörper bringt durch das zusätzlich wirksame, natürliche Stoffabbau- und -rückhaltpotenzial („Natural Attenuation“ - NA) für die Nachsorgephase und die Schutzgüter eine höhere Sicherheit zur Entlassung aus der Nachsorge mit sich.

Der Wasserkörper verfügt insbesondere im Hinblick auf Ammoniumstickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) als deponiebürtiger Leitparameter durch die Nitrifikation über eine zusätzliche natürliche, biochemische Stoffabbaukapazität. Im Bedarfsfall sind optional ergänzende technische Maßnahmen zur Stimulation bzw. Initiierung von natürlichen Stoffabbau- und -rückhaltprozessen vorgesehen.

Die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit im Wasserkörper ist unter den Bedingungen der Nachsorgephase jederzeit überwachbar und ggf. mit geeigneten technischen Maßnahmen zu steuern.

Die Bemessung der Wirksamkeit der technischen Maßnahmen für die Stilllegungsphase entspricht den Anforderungen zur Gewährleistung der Nachsorgeziele, d. h., die Stoffausträge aus dem wassergesättigten, gesicherten und rekultivierten Deponie- und Gestaltungskörper

(90 mHN) sind hinsichtlich der Restemission entsprechend den wasserwirtschaftlichen Anforderungen an die Wässer der Vorflutanbindung (WRE 3/01) auf ein tolerierbares umweltverträgliches Maß reduziert.

Für das Schutzgut Grundwasser geht vom Deponiekörper unter den definierten Randbedingungen keine Gefährdung aus, was auch für die übrigen Schutzgüter gilt.

Zum Nachweis der Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der Stilllegung und Nachsorge der Deponie Halle-Lochau wurde eine Prognoseabschätzung zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit für den Wasserkörper sowie die Wässer der Vorflutanbindung in der Nachsorgephase aufgestellt.

Die Abschätzung der sich im Wasserkörper des Drehpunktgebietes im Endzustand unter den Randbedingungen einstellenden Wasserbeschaffenheit erfolgte mit Hilfe eines Stoffmengenbilanzmodells. Dabei wurden die ausgewählten standorttypischen Leitparameter gemäß der Wasserrechtlichen Erlaubnis (WRE 3/01) betrachtet (Einleitüberwachungswerte:  $\text{NH}_4\text{-N}$ : 5 mg/l, CSB: 90 mg/l, AOX: 0,1 mg/l).

Für die Stoffkomponente  $\text{NH}_4\text{-N}$  als den maßgeblichen Leitparameter für die Bewertung der deponiebürtigen Restemission und einer schadlosen, umweltverträglichen Vorflutanbindung ist ein zusätzlicher, natürlicher Stoffabbau des Ammoniumstickstoffes zu Nitrat (Nitrifikation) im Wasserkörper zu erwarten.

Für den Stickstoffabbau wurde neben dem konservativen Ansatz ohne Abbau eine Nitrifikationsrate von 2  $\mu\text{g/l}\cdot\text{d}$  für den Wasserkörper angenommen.

Im Wasserkörper kommt es nach der Prognoseabschätzung für die geeignete Lösungsvariante mit Beginn des Stoffaustrages aus dem aufgesättigten Deponiekörper zu einer leichten Aufkonzentration der Stoffkomponenten, wobei die Konzentrationen der Leitparameter  $\text{NH}_4\text{-N}$ , AOX und CSB in den Wässern der Vorflutanbindung am Ende der Nachsorgephase unter den Einleitwerten der wasserrechtlichen Erlaubnis WRE 3/01 liegen (siehe EB AP III):

- $\text{NH}_4\text{-N}$ (Stoffaustrag konservativ ohne Abbau):	ca. 2,88 mg/l
- $\text{NH}_4\text{-N}$ (Stoffaustrag konservativ nach Inertisierung des Deponiekörpers):	ca. 2,25 mg/l
- $\text{NH}_4\text{-N}$ (Stoffaustrag ohne Inertisierung, mit Abbau im Wasserkörper):	ca. 1,50 mg/l
- $\text{NH}_4\text{-N}$ (Stoffaustrag nach Inertisierung des Deponiekörpers, mit Abbau im Wasserkörper):	ca. 0,89 mg/l
- CSB (mit Abbau im Wasserkörper ohne Inertisierung):	ca. 28 mg/l
- AOX (mit Abbau im Wasserkörper ohne Inertisierung):	ca. 0,038 mg/l
- $\text{Cl}^-$ (mit Abbau im Wasserkörper ohne Inertisierung):	ca. 295 mg/l

Der in den Wasserkörper eingetragene Ammoniumstickstoff kann nach der Prognoseabschätzung und dem derzeitigen Kenntnisstand durch den natürlichen Stoffabbau soweit nitrifiziert bzw. abgebaut werden, dass die Einleitkriterien nach der WRE 3/01 für  $\text{NH}_4\text{-N}$  bei den Wässern der Vorflutanbindung auch langfristig eingehalten werden können.

Im Rahmen der Nachsorgephase wird für den Wasserkörper ein entsprechendes Monitoringprogramm (Grundwasser – Deponiekörper – Wasserkörper – Vorflutanbindung) durchgeführt, um bei eventuell auftretenden, unvorhergesehenen Beeinträchtigungen der Wasserbeschaffenheit geeignete optionale Maßnahmen gemäß dem vorgesehenen Konzept einzuleiten (z. B. Tiefenwasserbelüftung, Phytotechnologie, Nutzung Havariesystem Deponiekörper, Wasserbehandlung der Ablaufwässer etc.).

Die Überwachung des tatsächlichen Deponiekörperverhaltens umfasst neben der Beobachtung der Gas-Restemission, der Überwachung der inneren und äußeren Trag- und Standsicherheit sowie der kontinuierlichen Fortsetzung der Setzungsmessungen ein Biomonitoring zu den Rekultivierungs- und Begrünungsmaßnahmen

Durch die technischen Maßnahmen zur Stilllegung kann für die Nachsorgephase ein nachhaltiger, wirtschaftlicher, nachsorgearmer, gesamtheitlicher und rechtlich konformer Endzustand der Deponie Halle-Lochau hergestellt werden, d. h.

- die wesentlichen Setzungen des Deponiekörpers sind abgeklungen
- die geotechnische Sicherung und Verfüllung sowie Rekultivierung ist erfolgt,
- die Schadstoffentfrachtung garantiert für die wassergesättigten Bedingungen das notwendige Maß zur Reduzierung des Stoffaustrages
- die Stand- und Tragsicherheit des Deponiekörpers ist gegeben und
- die Standsicherheit der Böschungssysteme ist langfristig gesichert.

Die Restemission des Deponiekörpers kann durch die technischen Maßnahmen nach den wasserwirtschaftlichen Anforderungen (WRE 3/01) langfristig wirksam auf ein umweltverträgliches Maß reduziert werden.

### • **Nachsorgephase**

Die Nachsorgephase beginnt nach Abschluss der Wasseranstieges im Drehpunktbereich. Zu diesem Zeitpunkt ist die Aufsättigung des geotechnisch vollständig gesicherten, rekultivierten Deponiekörpers (90 mHN) weitestgehend erfolgt (geplanter Zeitraum der Nachsorge: 01. 01. 2022 – 31. 12. 2031; Gesamtlaufzeit: 10 Jahre).

Grundanliegen der Nachsorgephase ist die Erfolgskontrolle zur Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der in der Stilllegungsphase durchgeführten technischen Maßnahmen.

Für das Monitoring in der Nachsorgephase gelten folgende Schwerpunkte:

- Monitoring Grundwasser und Deponiekörper (Stoffabbau und –austrag, Deponiegas, Setzungen), Oberflächenwasser (Wasserkörper, Vorflutanbindung), Geotechnik (Standsicherheit, Tragfähigkeit), Biologie (Flora, Fauna), System- und Prozessmonitoring, Prognosesteuerungsmodell etc.
- Berücksichtigung des natürlichen Stoffabbaus und –rückhaltes im Wasserkörper (NA/MNA)

Neben der selbsttragenden Vorflutanbindung (VFA) des Gesamtsystems TRL Ostschlauch Lochau mit Drehpunkt und Deponiekörper sind in der Nachsorge folgende optionale Maßnahmen geplant:

- Havariesysteme im Deponiekörper zur Gefahrenabwehr (temporäre Fassung und Ableitung der Deponiewässer), Überwachung und Standortsicherheit
- Ergänzende Nachsorgemaßnahmen Wasserkörper: technische Maßnahmen zur Stimulation und/oder Initiierung der natürlichen Abbauprozesse (z. B. Tiefenwasserbelüftung, Phytotechnologie am Wasserkörper)
- Ergänzende technische, temporäre Maßnahmen zur nachträglichen Anpassung der Gestaltungs- und Einbauhöhen mit geeigneten Materialien
- Ergänzende Nachsorgemaßnahmen zur Behandlung der Ablaufwässer der Vorflutanbindung (z. B. Pflanzenkläranlage, Wasseraufbereitung).

### • **Rechtliche Bewertung der abgeleiteten Lösungsvariante**

Die rechtliche Bewertung der Lösungsvariante konzentrierte sich auf folgende Schwerpunkte:

- Restemission nach Stilllegung hinsichtlich der Erfordernisse des Gewässerschutzes:
  - Entwässerungskonzept und langfristige Stoffausträge
  - Abfall- und wasserrechtliche Maßstäbe des Gewässerschutzes
  - Schutz des Grundwassers
  - Schutz von Oberflächengewässern

- Biochemische Inertisierung (Sickerwasserrückführung)
- Oberflächengestaltung
- Trenn- und Stützdamm zwischen Deponiekörper und Drehpunkt
- Anlagen- und betriebsbezogene Vorkehrungen zum Gewässerschutz
- Bildung des Wasserkörpers am Drehpunkt
- Genehmigungs- und verfahrensrechtliche Aspekte
  - Wasserrechtliche Genehmigungserfordernisse
  - Verknüpfung mit dem abfallrechtlichen Stilllegungsverfahren
  - Abfallrechtliches Planfeststellungsverfahren als Trägerverfahren
  - Abfallrechtliche Planfeststellungsverfahren und Teilstilllegung
  - Verbindung mit dem bergrechtlichen Verfahren und mit dem Abschluss des TRL Lochau-Westschlauch

Im Ergebnis einer umfassenden Diskussion dieser Schwerpunkte sind bei der Verwirklichung des Deponiestilllegungskonzeptes insbesondere folgende Hinweise zu berücksichtigen:

Die abgeleitete Lösungsvariante für die Stilllegung der Deponie Halle-Lochau zeigt Konfliktpotential zum bestehenden Wasser- und Abfallrecht, ist jedoch aus rechtlicher Sicht akzeptabel. Die Schadstoffe werden nicht festgehalten, sondern über lange Zeit ausgetragen, wobei sich die deponiebürtige Wässer mit anderen Wässern vermischen.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes bestehen keine Bedenken.

Nach der WRE 2001 ist der Schadstoffeintrag in die Weiße Elster bei Einhaltung der Einleitkriterien aus gewässergütewirtschaftlicher Sicht akzeptabel bzw. tolerierbar. Die WRE 2001 ist durch die zuständigen Behörden im Rahmen der Deponiestilllegung und Nachsorge zu prüfen und anzupassen.

Die langfristigen Restemissionen in Oberflächengewässer stehen mit den abfall- und wasserrechtlichen Anforderungen im Einklang, wenn eine weitergehende Reduktion des Schadstoffaustrags technisch nicht möglich oder unangemessen ist. Unter dem Gesichtspunkt der Erforderlichkeit und Angemessenheit ist die abgeleitete Lösungsvariante gegenüber den anderen untersuchten Gestaltungsvarianten am geeignetsten und aus diesem Grunde zu nutzen. Die technische Eignung und Wirksamkeit sowie die wirtschaftliche Angemessenheit von weitergehenden Maßnahmen zur Reduktion der Restemissionen ist ggf. vertiefend zu prüfen.

Das Konzept der Oberflächenabdeckung weicht zwar von den allgemein geltenden Standards, insbesondere im Hinblick auf die Oberflächenabdichtung, ab. Nach § 14 Abs. 6 DepV sind jedoch andere geeignete Maßnahmen auch ohne Gleichwertigkeitsnachweis rechtskonform und realisierbar, wenn damit ein dauerhafter Schutz der Umwelt, insbesondere des Grundwassers, gewährleistet wird.

An repräsentativen Grundwassermessstellen im Abstrom des Deponiekörpers sollten Grundwasser-Überwachungswerte als Auslöseschwellen für Maßnahmen festgelegt werden. Da das Grundwasser unter den Bedingungen der Lösungsvariante der Deponie weiterhin zuströmt und somit ein Abstrom i. e. S. auch im Prognoseendzustand nicht existiert, sind dort Messstellen zu errichten bzw. zu nutzen, wo die Richtigkeit dieser Prognosen sicher überprüft werden kann.

Hinsichtlich der Bildung des Wasserkörpers am Drehpunkt bestehen unterschiedliche rechtliche Auffassungen.

- Nach der ersten Sichtweise erfüllt der Wasserkörper die Merkmale eines oberirdischen Gewässers nach § 1 Abs. 1 WHG. Die Bewertung gilt auch für die Zeit, in der der Was-



Wasserkörper eine Funktion im Rahmen der Deponiestilllegung erfüllt. Lediglich für den morphologisch und chemisch-physikalisch „guten Zustand“ der EG-Wasserrahmenrichtlinie könnten Ausnahmegenehmigungen für weniger strenge Qualitätsziele beansprucht werden. Inwiefern für  $\text{NH}_4\text{-N}$  weniger strenge Qualitätsziele festgelegt werden können, hängt davon ab, welche Seewasserqualität mit angemessenem Aufwand erreicht werden kann.

- Für die Herstellung des Gewässers Drehpunktsee ist entsprechend der ersten Sichtweise vor dem Wasseranstieg (inkl. Böschungsgestaltung, Aufbau des Trenn- und Stützdammes) ein Planfeststellungsverfahren durchzuführen. Ein Plangenehmigungsverfahren ist möglich, wenn das Vorhaben nicht UVP-pflichtig ist, wozu eine Vorprüfung des Einzelfalls notwendig wäre.
- Nach der zweiten Sichtweise erfüllt der Wasserkörper nicht die Merkmale eines oberirdischen Gewässers nach § 1 Abs. 1 WHG sondern ist als ein Nichtgewässer einzustufen, weil der Wasserkörper aus dem „Wasserkreislauf“ insoweit ausgesondert werden kann, dass einerseits keine Deponieabwässer eindringen und andererseits die Reinigungsprozesse im Übrigen vollständig kontrolliert ablaufen. Damit erscheint auch gesichert, dass die Benutzungsbedingungen für die Einleitung in die Weiße Elster jeweils eingehalten werden können. Das abfallrechtliche Stilllegungsverfahren nach § 36 Kreislaufwirtschaftsgesetz kann den Wasserkörper als abfallrechtliche Nebenanlage in den Stilllegungsphasen 1 und 2 so steuern, dass das „Draufsatteln“ einer wasserrechtlichen Planfeststellung entbehrlich erscheint. Erst in der Nachsorgephase wird ein wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren nach § 31 WHG für die Herstellung eines künstlichen Gewässers erforderlich werden“.

#### • Öffentlichkeitsarbeit

Ausgehend von den Akteuren, Teilnehmern, den Interessenslagen, den Rahmenbedingungen und dem Ablauf typischer Verfahren zur konsensorientierten Öffentlichkeitsarbeit wurde für die Abfallbranche eine praxisorientierte Beschreibung entwickelt.

Nach der Analyse der wesentlichen Aktionen des Deponiebetreibers und der Zusammenstellung der erzielten Ergebnisse der Öffentlichkeitsarbeit erfolgte die Bewertung der sozialen und ökologischen Veränderungen in den Jahren 2002 bis 2005 vor der Deponiestilllegung Halle-Lochau.

Das Praxiskonzept sieht nach Abschluss der Arbeitsphase zur Darstellung der Interessen und Konflikte ein Mediationsverfahren vor. Anschließend erfolgen für die einzelnen Konfliktthemen die Informationsaufbereitung und die Sicherung der Verhandlungsergebnisse sowie der Transfer der Ergebnisse in die Öffentlichkeit.

Im Hinblick auf eine konsensorientierte Öffentlichkeitsarbeit bei Abfallentsorgungsanlagen lassen sich zusammenfassend folgende Erkenntnisse ableiten:

Im Zusammenhang mit Abfallentsorgungsanlagen hat grundsätzlich der Konsens mit den Beteiligten Priorität, wobei sich die Aktivitäten auf folgende Zielgruppen orientieren:

- Abfallentsorgungsträger,
- Politik und Verwaltung benachbarter Gemeinden, Kreise sowie Träger der Fachplanungen,
- Genehmigungsbehörden,
- politische Parteien der betroffenen Gemeinden und Kreise,
- Vertreter der Landwirtschaft,
- Anwohner und Grundbesitzer,
- Bürgerinitiativen,
- anerkannte Naturschutzverbände

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit können wesentliche, verfahrensbedeutsame Entscheidungsvorbereitungen dann erreicht werden, wenn diese den Genehmigungsbehörden im Kompromiss- und Abwägungsprozess und bei den eigentlichen Entscheidungen dienlich sind.

Zwischen 2002 und 2005 behinderten keine schwerwiegenden Konflikte und Blockaden die Vorbereitung bzw. beginnende Umsetzung der Stilllegungsmaßnahmen. Diese günstigen Umstände konnten erreicht werden, da die Erstellung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit durch die Abfallwirtschaft GmbH zeitnah und zielstrebig erfolgte, die wesentlichen Interessengruppen mit der Findung einvernehmlicher Lösungen zu den bestehenden Interessenkonflikten frühzeitig einbezogen wurden, die Akzeptanz der Stilllegung durch die Entwicklung von tragfähigen Kompromissen zum Arbeitsplatzertahl für die Belegschaft der Abfallwirtschaft GmbH gegeben war, eine effektive fachliche Arbeit am Runden Tisch erfolgte, die wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit im Projektbeirat hervorragend funktionierte und sozioökologische Konflikte nur untergeordnet auftraten.

- **Weiterer Forschungsbedarf**

Die erforderlichen weiteren Betrachtungen zur Ausführung der Stilllegungsmaßnahmen müssen wissenschaftlich belegt und weiter untersetzt werden. Diese weiterführenden Untersuchungen dienen im Wesentlichen der Bemessung und Optimierung von Maßnahmen, so dass diese im Projektverlauf entsprechend dem fortschreitenden Erkenntnisgewinn angepasst werden können. Projektbegleitend sollen dabei benötigte Parameter im großtechnischen Feldmaßstab mit den erforderlichen technischen bzw. baulichen Einrichtungen erhoben und verifiziert werden.

Im Zentrum der weiteren wissenschaftlich-technischen Betrachtungen stehen dabei u. a. auch die Stoffkonzentrationsentwicklung im Deponiekörper sowie im Wasserkörper Drehpunkt und die Optimierung der Senkung des Stoffaustrages aus dem Gestaltungs- und Deponiekörper. Die Sicherungsmaßnahmen sollten durch ein fundiertes Begleitmonitoring vorbereitet und überwacht sowie mit einer Erfolgskontrolle wissenschaftlich begleitet werden.



