

Wesenberg, Holzindustrie
Arbeitsschritt „B“ Detaillierte Untersuchung mit
Sanierungsrahmenkonzept vom 30.04.98

Auszug Seite 35 - 50

HYDRO

HYDROGEOLOGIE GmbH

Ingenieurgesellschaft für Grundwasser, Boden, Umwelt

8. Sanierungsvorschlag

Die Vorauswahl von möglichen Maßnahmen zur Abwehr und Beherrschung der konkreten Auswirkungen am Standort Holzindustrie Wesenberg, ALVF 1, 2 und 4A-C erfolgt zur Erfüllung der Sanierungsvorstellungen nach folgenden Kriterien:

1. Zur wirksamen Minderung der andauernden Beeinträchtigung der Grundwasserqualität ist eine Mächtigkeitsreduzierung/Beseitigung der im Bereich ALVF 2 und untergeordnet 4B dem Grundwasser aufschwimmenden **Leichtphase** erforderlich.
2. Durch die ausbleibende Schadstoffemission aus der wasserungesättigten Bodenzone ins Grundwasser verringert sich der Anteil der im Grundwasser gelösten Schadstoffe. Die natürlichen mikrobiellen Abbauprozesse lassen eine rasche Abnahme des derzeitigen Grundwasserschadens erwarten.
3. Zur Dekontaminationen/Sicherung des Bodens in den Belastungsbereichen ALVF 2 und 4 ist der angenommenen gleichbleibenden gewerblichen Nutzung Rechnung zu tragen.
4. In Ufernähe (ALVF 1) ist aufgrund einer zu erwartenden höherwertigen Nutzung (Freizeit) ein geringeres Restrisiko innerhalb sandiger Horizonte tolerierbar. Für den schadstoffadsorbierenden Torf sollte jedoch auch bei höheren MKW-Gehalten ein Belassen favorisiert werden.

8.1 Vorauswahl der grundsätzlich einsetzbaren Sanierungsverfahren

Verschiedene physikalische, chemische und biologische Verfahren zur Sicherung/Sanierung mineralölkontaminierter Standorte sind bekannt und praxiserprobt.

Da nicht alle verfügbaren Sicherungs-/Sanierungstechniken für jeden Standort und jedes Medium in gleicher Weise geeignet sind, ist eine standortspezifische Vorauswahl zu treffen.

Für die Eignungsbewertung wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- unter den gegebenen Standortbedingungen technisch einsetzbar,
- langzeitliche Unterbrechung der Belastungspfade muß gewährleistet sein,
- Praxiserprobung mit positivem Erfolg und
- kurzfristige Genehmigung möglich.

In Auswertung der bisherigen Erkundungsergebnisse war zu diskutieren, in welcher Reihenfolge geeignete Maßnahmen von der Umweltrelevanz her erforderlich und wie die vorgeschlagenen Sanierungsziele unter vertretbarem Aufwand in überschaubaren Zeiträumen erreichbar sind.

I. Belassen und Sicherung (Behinderung der Schadstoffausbreitung):

Die nachfolgend genannten Verfahren kommen als Sicherungsmaßnahmen bei Mineralölschadensfällen in Betracht:

- I.1. Einkapseln (Oberflächen- und Seitenversiegelung),
 - I.2. Einbinden/Immobilisieren (z.B. Zementage der Matrix) und
 - I.3. Hydraulische Maßnahmen (Abpumpen/Infiltrieren).
- I.1 Einkapseln

7. Vorschlag von Sicherungs- / Sanierungszielen / Handlungsempfehlungen

Sicherungs-/Sanierungsziele

Sowohl für den Boden als auch das Grundwasser sind entsprechend der geplanten künftigen Nutzung und unter Berücksichtigung der lokalen hydrogeologischen Verhältnisse standortkonkrete Sanierungsziele zu formulieren. Aufgrund der lokal unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnisse an den Einzelstandorten erfolgt eine tabellarische Darstellung:

Tab. 16: Nutzungsorientierter Sanierungsvorschlag (Ausbauwerte)

hydrog.-Position	Leichtphase	MKW im Boden (mg/kg TS)	MKW im Grundwasser (mg/l)	Begründung, bezogen auf möglichen Bodenaustausch und Grundwasserentnahme
Anstrom	nicht vorhanden	>1.000	0,1	gewerbliche Nutzung des Wassers muß möglich sein
ALVF 1 innerhalb des ufernahen Torfes	nicht vorhanden	Sande, Auffüllung über dem Torf >1.000	0,1	Schadstoffaustrag in den <i>Woblitz-See</i> ist zu minimieren, Bodenaushub nur soweit, wie zum Rückbau des LFA unbedingt erforderlich, aufgrund zu erwartender höherwertiger Nutzung im Uferbereich Versiegelung zu empfehlen
ALVF 2 geologisches Fenster im Mergel	ca. 18 m ³ durch Abschöpfung zu beseitigen	Sande, Auffüllung über dem Mergel >5.000	0,4	Schadstoffaustrag in die Umgebung ist zu minimieren, Bodenaushub nur soweit, wie zum Rückbau des Pressenkellers unbedingt erforderlich, Kellerbauwerk sollte in die Phasenabschöpfung integriert werden
ALVF 4A-C keine nat. Barriere	Spuren bei Grundwasserentnahme zu beachten	>1.000	0,4	Schadstoffaustrag in die Umgebung ist zu minimieren, Bodenaushub aufgrund des Fehlens natürlicher Barriere umfassend erforderlich

hydrog.=hydrogeologisch, nat.=natürlich

Monitoring

In Vorbereitung der Realisierung der beschriebenen Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen und zur Beobachtung des tatsächlichen Verhaltens belassener, tolerierbarer Restkontaminationen sind begleitende und anschließende Monitoring-Maßnahmen unerlässlich. Als kurzfristige bohrtechnische Maßnahme wird empfohlen, die Grundwassermeßstelle 7/93 zu verlängern (oder wenn möglich um 1 m nach oben zu ziehen), um dauerhaft repräsentative Leichtphasenmessungen zu ermöglichen. Das Verhalten der Phasenmächtigkeit sollte in Form von monatlichen Stichtagsmessungen weiter beobachtet werden. Die Grundwasserabstromrichtung zum den beiden Hafenbecken im NW der *Woblitz* ist bisher unterrepräsentiert. Hier sollte zwecks Einbeziehung in die vorgeschlagenen Stichtagsmessungen je eine zusätzliche GWMS errichtet und markscheiderisch eingemessen werden.

- Unterbindung von Ausgasungen in die Atmosphäre und
- Verhinderung des direkten Kontaktes von Kontaminanten und Umfeld.

Um die Anforderungen zu erfüllen, sollte die Abdeckung aus einem mehrschichtigen System bestehen. Das Niederschlagswasser ist zu fassen und abzuleiten. Als Kosten für eine mineralische Abdeckung werden ca. 100 DM/m² und für mit Kunststoffschichten kombinierte Abdichtungen ca. 130 DM/m² angegeben.

I.1c Basisabdichtung

Wenn im vertretbaren Tiefenniveau keine gering durchlässigen Schichten als natürliche Basisabdichtung zu nutzen sind, können horizontale Abdichtungssysteme eingebracht werden. Je nach eingesetztem Verfahren (Stollen- und/oder Injektionsverfahren) betragen die Kosten zwischen 400-2.000 DM/m².

Bei den Verfahren I.1a und I.1b betragen die Herstellungskosten zur seitlichen Einkapselung der Schadensbereiche 1, 2 und 4A-C folgenden Kostenrahmen:

Tab. 17: Kostenübersicht Oberflächen- und Seitenversiegelung

Bereich	vertikale Wand I.1a (m ²)	Oberfläche I.1b (m ²)	Kosten vertikale Fläche (TDM netto)	Kosten Oberfläche (TDM netto)	Gesamterstellungskosten (TDM netto)
ALVF 1	330	700	66 - 247,5	70 - 91	136 - 338,5
ALVF 2	360	800	72 - 270	80 - 104	152 - 374
ALVF 4A-C	540	700	108 - 405	70 - 91	178 - 496
Summe	1.230	2.200	246 - 922,5	220 - 286	446 - 1.208,5

Mit Ausnahme der Adsorberwand (Variante I.1a7) findet keine Schadstoffreduktion statt. Nach der Errichtung des Sicherungssystems sind meist trotz Oberflächenabdichtung dauerhaft hydraulische Maßnahmen zur Regulierung des Grundwasserstandes innerhalb des vertikalen Bauwerkes erforderlich. Im Falle des Entscheides für Adsorber kommen kostenintensive Regenerierungen hinzu. Zusammenfassend sind im vorliegenden Fall Einkapselungen wegen zu hoher Kosten im Vergleich zum hohen Restrisiko nicht zu empfehlen.

I.2 Einbinden / Immobilisieren

Im vorliegenden Fall ist eine mineralölkontaminierte Masse (MKW >1.000 mg/kg TS) von etwa 6.750 m³ bzw. 12.150 t zu erwarten (vgl. Tabelle 12). Durch chemische oder/und physikalische Verfahren (Fixierung, Verfestigung, Fällung) werden mobile Substanzen an injizierte Bindemittel gebunden. Die Schadstoffe liegen danach in weniger eluierbarer Form vor. Entsprechende Verfahren setzen hohe Durchlässigkeiten weitgehend homogener Sedimente der Aerationzone voraus. Die Kosten eines in-situ-Einsatzes betragen ca. 400-500 DM/m³. In der wassergesättigten Zone sind diese Maßnahmen wenig wirksam (hier liegt im vorliegenden Fall jedoch die höchste Schadstoffbelastung vor). Der Wiedereinbau wird darüber hinaus meist nur oberhalb des höchsten Grundwasserstandes zugelassen. Eine Kontrolle des Sicherungserfolges ist kaum möglich. Die Kontamination bleibt erhalten (latente Gefahr, hohes Restrisiko), es sind dauerhaft Kontrollmaßnahmen (z.B. Grundwasser-Monitoring) erforderlich. Die zu erwartenden Kosten ohne möglicherweise erforderliche Wasserhaltungs- und Reinigungsmaßnahmen würden schätzungsweise 2.700 bis 3.375 TDM betragen (unverhältnismäßig).

I.1a vertikale Abdichtungen (quer zur natürlichen Grundwasserfließrichtung)

Die Einkapselung durch Seitenversiegelung setzt im Regelfall unterhalb des kontaminierten Bereiches, wie im vorliegenden Fall weitgehend vorhanden, eine natürliche dichte Sperrschicht in technisch erreichbarer Tiefe voraus. Als Umfassung sind vertikal eingebrachte Folien, Spundwände, Dichtwände, Schmalwände, Adsorberwand denkbar.

Im vorliegenden Fall wäre zur Sicherung der Kontaminationsbereiche 1, 2 und 4A-C bei einer Einbindetiefe von durchschnittlich 3 m eine Umfassungslänge von etwa 410 m erforderlich (vgl. Tabelle 17). Das ergibt eine vertikale Bauwerksfläche von ca. 1.230 m².

I.1a1 Schlitzwand im Einphasenverfahren

Bei den Einphasenverfahren wird mittels eines Spezialwerkzeuges ein Schlitz ausgehoben. Während des Aushubs wird zunächst die Primärlamelle erstellt. Im Schlitz befindet sich eine Dichtmasse (zumeist Kalzium-Bentonit-Suspension). Erst nach einer Abbindezeit erfolgt der Aushub der Sekundärlamellen. Bei der Verwendung der angeführten Dichtmasse können Durchlässigkeitswerte k_f (m/s) für organische Flüssigkeiten von bis zu 2×10^{-10} m/s erzielt werden. Die bautechnischen Grenzen liegen bei einer Teufe von ca. 50 m. Die geschätzten Kosten betragen ca. 300 DM/m².

I.1a2 Schlitzwand im Zweiphasenverfahren

Das Verfahren ist dem Einphasenverfahren sehr ähnlich, wobei das endgültige Abdichtmaterial eine höhere Dichte als die Bentonitlösung besitzt. Die bautechnische Anwendung ist ebenfalls vergleichbar. Die Kosten liegen bei ca. 400 DM/m².

I.1a3 Kombinationswand

Kombinationsdichtwände bestehen meist aus Einphasenschlitzwänden, in die statisch tragende oder abdichtende Elemente wie Stahlspundwände oder Kunststoffbahnen zur Verstärkung abgesenkt werden. Die bautechnische Anwendung ist mit den o.g. Verfahren vergleichbar. Die Kosten betragen ca. 300 - 400 DM/m².

I.1a4 Stahlspundwand

Spundwände werden in den Boden gerammt oder vibriert und untereinander mit „wasserdichten“ Schlössern gesichert. Der Einsatz einer korrosionsverringenden Beschichtung ist möglich. Die max. Einsatztiefe beträgt 20 - 30 m. Die erreichbaren k_f -Werte liegen bei 10^{-8} m/s (gegenüber Wasser). Die Herstellungskosten können mit ca. 250 DM/m² veranschlagt werden.

I.1a5 Schmalwand

Es wird durch wiederholtes Eindringen und Ziehen einer Stahlbohle ein durchgehender Hohlraum geschaffen, der während des Ziehens mit Dichtungsmaterial verpreßt wird. Die Einsatztiefe liegt bei ca. 25 m. Es werden k_f -Werte von 10^{-7} m/s erreicht. Die Kosten betragen ca. 200 DM/m².

I.1a6 Injektionswand

Bei diesem Verfahren wird mittels Injektionslanzen Zement oder Silicagel in den Bodenbereich injiziert. Die mögliche Einsatztiefe liegt bei 150 m. Die Durchlässigkeit selbst gegenüber organischen Lösungsmitteln wird mit ca. 10^{-7} m/s angegeben. Die Herstellungskosten sind mit 750 DM/m² anzugeben.

I.1a7 Adsorberwand

Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine permeable Dichtwand, die einen Adsorbens enthält, der eine vollständige und dauerhafte Sorption der Schadstoffe, eine längerfristige Beladungskapazität und gute Regenerier- und Austauschfähigkeit aufweisen muß.

Die Herstellungskosten betragen 500 DM/m²; über die zu erwartenden Betriebskosten (v.a. Austausch der Adsorbens) liegen dem Bearbeiter bisher keine Erfahrungen vor.

I.1b Oberflächenabdichtungen

Die oberflächlich zu versiegelnde Fläche beträgt im vorliegenden Fall unter Berücksichtigung der Abschätzung in Tabelle 17 etwa 2.200 m². Die Oberflächenabdichtung erfolgt meist als Nebenbestandteil einer vertikalen Einkapselung und dient zur:

- Minimierung der Eluierbarkeit durch eindringende Sickerwässer,

Nach der z.B. hydraulischen Beseitigung der Leichtphase kann die mikrobielle in-situ-Sanierung in einem Stoffkreislauf betrieben werden, wobei das geförderte Wasser vor dem Zusatz der mikrobiellen Abbau stimulierenden Reagenzien und der Reinjektion über Tage aufbereitet werden muß (z.B. Enteisung). Die zu erwartenden Kosten sind mit denen der Extraktions- und Waschverfahren vergleichbar und können endgültig nur als Bestandteil einer hydraulischen Maßnahme geschätzt werden (s. Pkt. 4.6).

II.1c Pneumatische Verfahren

Diese Verfahren (Bodenluftabsaugung, bioventing) werden im Falle des Vorhandenseins leichtflüchtiger Schadstoffe eingesetzt. Im vorliegenden Fall handelt es sich v.a. um langkettige, wenig flüchtige Komponenten, so daß die Möglichkeit des Einsatzes entsprechender Maßnahmen entfällt.

II.1d Aktive Hydraulische Verfahren

Diese Verfahren beseitigen Verunreinigungen des Grundwassers. Ausschlaggebend für den Zeit- und Kostenaufwand sind das Wasserdargebot, die Durchlässigkeit und das Rückhaltevermögen des Untergrundes sowie die Mobilität der Kontaminanten.

Durch Modellierungen sind die Effekte verschiedener Varianten (Optimierung der Lage der Entnahmebauwerke, Förderregime etc.) zu simulieren. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, daß eine Beseitigung meist nur bis zum Erreichen der stoffspezifischen Restsättigung im Untergrund möglich ist.

Nach Möglichkeit sollte das mehr oder weniger intensiv gereinigte Wasser über Reinfiltration dem Kontaminationsbereich wieder zugeführt werden. Somit kann es gleichzeitig zur Spülung des überlagernden kontaminierten Bodens genutzt werden. Im Falle der Ableitung des Wassers über die Kanalisation sind Einleitgebühren zu kalkulieren.

Zur Aufbereitung des Wassers bieten sich meist als Kombination folgende biologischen, chemischen und physikalischen Verfahren an:

- Filtration (Kiesfilter zur Fe-/Mn-Abtrennung),
- Fällung mit Flotation (Fe-/Mn-Schlamm-Sedimentation),
- Dichte-Trennung in Leichtflüssigkeitsabscheidern (Koaleszenz-Abscheider, LFA),
- Strippung (Desorption untergeordnet vorhandener flüchtiger Bestandteile),
- Adsorption (Wasseraktivkohle) und
- Festbettreaktor.

Die Auslegung und Konfiguration der Wasseraufbereitung ist abhängig von:

- der Fördermenge bzw. dem Durchsatz/Zeiteinheit,
- der Konzentration der hydrochemischen- und Schadstoffparameter und
- den Reinigungszielwerten.

Aus derzeitiger Sicht wäre im vorliegenden Fall von einer physikalischen Vorreinigung (Filtration und Dichte-Trennung) und nachgeschalteten biologischen Aufbereitung auszugehen.

Die in der Abwassertechnik eingesetzten biologischen Reinigungsverfahren sind grundsätzlich auch für die Behandlung von kontaminiertem Grundwasser geeignet. Auch die Behandlung in einer bereits vorhandenen kommunalen Anlage ist möglich. Für die Praxis von übergeordneter Bedeutung sind jedoch mobile Anlagen, die befristet in dem kontaminierten Gebiet zum Einsatz kommen. Solche Anlagen, die oftmals in kompakter Containerbauweise angeboten werden, sind auch auf Miet- oder Leasingbasis erhältlich. Hauptsächlich kommen aerob betriebene Belebtschlammanlagen zum Einsatz, deren Leistungsfähigkeit durch Festbetten („Festbettreaktor“) gesteigert werden kann, wodurch die Größe der Anlage gering bleibt. Das Prinzip ist relativ einfach: Das zu behandelnde Wasser wird in ein sogenanntes Belebungsbecken geleitet, in dem unter Zugabe von Luftsauerstoff der biologische Abbau der im Wasser enthaltenen Schadstoffe erfolgt. Umgesetzt werden die Schadstoffe durch die im Belebtschlamm befindlichen Mikroorganismen zur Deckung ihres Energiebedarfs bzw. dienen als Baustoff beim Aufbau neuer Zellsubstanz. Dieses Reinigungsprinzip ist dem Selbstreinigungsmechanismus der Gewässer nachempfunden, jedoch durch wesentlich höhere Organismendichte, günstigere Wassertemperaturen, Sauerstoff- und Nährstoffzugabe optimiert. Nach Durchlaufen der Belebtschlammanlage werden Schlamm und gereinigtes Wasser getrennt. Ein Teil des Schlammes geht als Rücklaufschlamm zum Erhalt einer konstanten Organismendichte zurück in das

I.3 Passive hydraulische Maßnahmen

Diese Maßnahmen zielen darauf ab, langfristig die Strömungsverhältnisse im Bereich des Altstandortes zu verändern, um einen weiteren Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser und deren Ausbreitung darin zu verhindern bzw. einzuschränken. Die Maßnahmen umfassen Grundwasser-Entnahme und -Infiltration. Aufgrund der Tatsache, daß Installations- und langfristig Betriebskosten anfallen, ohne daß der Kontaminationsgrad und die damit die Gefahr minimiert ist, wird eine derartige Verfahrensweise grundsätzlich gutachterlich **abgelehnt**.

II. Dekontamination / Entsorgung / Sanierung (Beseitigung der Schadstoffe):

II.1 Dekontamination / Sanierung im Boden (in-situ)

II.2 Dekontamination / Sanierung vor Ort oder nach Abtransport (on-site/off-site)

II.3 Entsorgung / Ablagerung (Sonderabfalldeponie/Zwischenabdeckung)

II.4. Elektrokinese (Galvanisches Element)

Bei diesen Verfahren unterscheidet man generell ex-situ- und in-situ-Maßnahmen. Ex-situ-Verfahren kommen zur Anwendung bei der Entnahme von kontaminiertem Material (Boden, Grundwasser) und einer Abreinigung entweder on-site (unmittelbar am Standort) oder off-site (nicht am Standort). Bei der in-situ-Behandlung werden die Umweltkompartimente im Untergrund dekontaminiert.

II.1 Dekontamination / Sanierung im Boden (in-situ),

Die Entscheidung für meist langfristige in-situ-Maßnahmen wird i.d.R. von einer bautechnisch aufwendigen Erreichbarkeit (tieflegend, umfassende Wasserhaltung erforderlich) oder dem notwendigen Erhalt von Baulichkeiten (z.B. wichtige Straßen, Gleisanlagen) abhängig gemacht. Im vorliegenden Fall liegt eine mineralölkontaminierte Kubatur (MKW >1.000 mg/kg TS) von etwa 6.750 m³ bzw. 12.150 t vor (vgl. Tabelle 12).

II.1a Extraktions- / Waschverfahren

Die Auswahl dieser Verfahren kommt in Betracht, wenn die organischen Schadstoffe relativ fest an die Bodenmatrix gebunden oder nicht bioverfügbar für mikrobielle Verfahren sind.

Über Injektionslanzen wird der Boden mittels Hochdruck-Spülung gereinigt, das angereicherte „Spülwasser“ über Vakuumanlagen abgesaugt und obertage aufbereitet. Teilweise erfolgt eine Abtrennung der Schadstoffe auch unter Zugabe waschaktiver Substanzen (Tenside).

Der Wirkungsgrad ist maßgeblich von der Durchlässigkeit (K_f -Wert < 10⁻⁶ m/s) abhängig. Residual am Korngerüst gebundene Schadstoffe verbleiben im Untergrund.

Die Kosten betragen ca. 200-500 DM/m³ Boden. Das entspricht im vorliegenden Fall Kosten in Höhe von 1.350 bis 3.375 TDM. Meist kommt eine aufwendige Aufbereitung des anfallenden Prozeßwassers hinzu. Der dargestellte Kostenrahmen stellt für den Fall der Erfordernis einer komplexen Bodenreinigung durch Aushub eine angemessene Alternative dar.

II.1b Mikrobiologische Verfahren

Der mikrobiologische Abbau von Kohlenwasserstoffen in anorganische Verbindungen, auch Mineralisation genannt, ist ein natürlicher Prozeß, der entweder aerob oder anaerob abläuft. Die mikrobiologischen Verfahren beruhen als erste Stufe meist auf der Oxidation der bioverfügbaren organischen Verbindung (gut abbaubar sind Ketten bis C₁₆). Bei der in-situ-Behandlung wird der Abbau durch das Aktivieren vorhandener Mikroorganismen in Gang gesetzt. Als Endprodukt der vollständigen Mineralisation entstehen Kohlendioxid und Wasser. Wie bei allen anderen in-situ-Maßnahmen ist eine homogene Bodenstruktur und eine gleichmäßige Schadstoffverteilung vorteilhaft. Es besteht z.B. über Lanzen die Möglichkeit der Zugabe von adaptierten Organismen oder der Optimierung der Lebensbedingungen vorhandener KW-Abbauer (Injektion von Nährstoffen und/oder Sauerstoffträgern). Allerdings wird die Anwendung auf Leichtphasenkörpern i.d.R. aufgrund der langen Reaktionszeiten nicht empfohlen.

II.1d3 Bei Brunnen mit und ohne Leichtphasen-Abschöpfung kann durch Abpumpen des belasteten und gezieltes Infiltrieren des gereinigten Wassers (Drainage/Schluckbrunnen) die Grundwasserströmung mehr oder weniger stark beeinflusst werden, so daß eine weitere Ausbreitung auch der gelösten Schadstoffe verhindert und ein Zuströmen von dem Grundwasser aufschwimmender Leichtphase durch gezielte Gefälleveränderung forciert wird.

Nach dem Stand der Technik besteht die Möglichkeit, Grundwasser und Leichtphase bereits weitgehend getrennt zu entnehmen, so daß der obertägige Aufbereitungsaufwand minimiert werden kann.

Brunnen sind zur Leichtphasenabschöpfung und Wasserentnahme geeignet.

Im vorliegenden Fall ist aufgrund des Vorhandenseins eines oberflächennahen und fast flächendeckenden Grundwasserstauers (Organogen- und Geschiebemergelkomplex) und einer mittleren Durchlässigkeit bei nur begrenzt möglicher Grundwasserabsenkung bereits eine hinreichend große hydraulische Reichweite zu erzielen. **Brunnen sind aufgrund des nur punktuellen Aufschlusses und minimaler Bodenbewegungen den tiefbauintensiven grabenförmigen Bauwerken oder künstlichen offenen Wasserflächen vorzuziehen.** Im Falle der Möglichkeit, Dekontaminationsmaßnahmen auf die Reduktion/Beseitigung der Leichtphase bei gleichzeitiger, befristeter Grundwasserentnahme zu beschränken, stellt diese Variante neben d möglichen Nutzung grundwassererfüllter Baulichkeiten eine **Vorzugsvariante** dar.

II.2 Dekontamination / Sanierung vor Ort oder nach Abtransport (on-site/off-site)

II.2a Bodenwäsche / Extraktionsverfahren

Verfahren der Bodenwäsche eignen sich nur für Stoffe, die eine geringe Affinität zur Bodenmatrix aufweisen. Die Wäsche erfolgt unter Zugabe von Flüssigkeit (meist Wasser) und Chemikalien (v.a. Tenside) sowie Herauslösung der Schadstoffe u.a. mittels Hochdruckstrahlreinigung, Ultraschall, mechanisches Rühren, Flüssigkeitsströmung. Die Extraktion wird meist mit Halogenkohlenwasserstoffen (HKW) durchgeführt. Zur Schadstoffeliminierung sind zudem Flotation und Schlammeindickung notwendig, die Abprodukte werden i.d.R. deponiert oder verbrannt.

Es ergibt sich meist eine aufwendige Behandlung des abzutrennenden Prozeßwassers. Diese relativ **kostenintensive Bodenreinigung** (ca. 200 - 300 DM/m³) kommt im vorliegenden Fall nur für Bodenchargen in Frage, die aufgrund extrem hoher Konzentration toxisch für die ansonsten zu empfehlende mikrobiologische Aufbereitung ist.

II.2b Mikrobiologische Verfahren

Diese Verfahren werden in geschlossenen Bioreaktoren, Mieten und in offenen Rotten (landfarming) realisiert. Unter Zugabe von Nährstoffen und Sauerstoff, durch Temperierung, Durchmischung etc. werden den vorhandenen oder/und zugesetzten Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen geschaffen, jedoch wirkt das Vorhandensein insbesondere von Schwermetallen hemmend. Es werden v.a. die niedermolekularen Verbindungen abgebaut.

Im Falle eines mikrobiellen Abbaus ex-situ ist von Entsorgungskosten in Höhe von 150 bis 250 DM/m³ auszugehen (1.012,5 bis 1.687,5 TDM). Bei positivem Befund noch ausstehender Deklarationsanalysen ist dieses Aufbereitungsverfahren für die **Entsorgung von Bodenaushub** (auch von Kleinstmengen der Bohrtätigkeit) als kostengünstig und **empfehlenswert** anzusehen.

II.2c Thermische Verfahren

Verschwelbare organisch-chemische Verunreinigungen werden durch Erhitzung des kontaminierten Bodens in die Gasphase überführt und in einem nachgeschalteten Verbrennungsprozeß durch Oxydation zu CO₂ und H₂O umgewandelt.

Im Anschluß ist eine kostenintensive Nachverbrennung des entstandenen Rauchgases notwendig. Endprodukt bildet in Abhängigkeit des Temperaturniveaus ein Boden ohne organische Bestandteile.

Belebungsbecken, ein Teil des Schlammes fällt als Überschuß an und muß ggf. nach Entwässerung extern entsorgt werden. Ist das Grundwasser mit toxischen Stoffen (z.B. Schwermetallen) belastet, so finden sich diese auch im Schlamm wieder, was dessen Entsorgung erschwert. Die Kosten für dieses Verfahren liegen je nach Ausmaß der Verschmutzung zwischen 2 bis 10 DM/m³ Wasser. Eine weitere Möglichkeit ist die Behandlung des Grundwassers zusammen mit dem ggfs. ausgekofferten Erdreich in einem Bioreaktor zur on-site-Behandlung des kontaminierten Bodens. Anwendbar sind die **mikrobiologischen Verfahren** zur Grundwasseranierung nur dann, wenn die Schadstoffe nicht in toxischen Konzentrationen vorliegen. Dies wäre in einem Vorversuch zu klären. Im vorliegenden Fall erscheint die Auswahl dieses Verfahrens zur **Grundwasserreinigung** auch aufgrund des zu erwartenden geringen Förderstromes und der entsprechend hohen Verweilzeit des Wassers in der Aufbereitungsanlage durchaus als **geeignet**.

Für die Grundwasserentnahme mit und ohne Leichtphasen-Abschöpfung geeignet sind:

- II.1d1** Offene Wasserhaltungen,
- II.1d2** Fanggräben; grob verkiest und
- II.1d3** Brunnen.

II.1d1 Offene Wasserflächen können natürlichen (See, Soll, Vorfluter) oder künstlichen Ursprungs (Baugrube, tiefliegendes Umfassungs-Streifenfundament, provisorischer LFA etc.) sein. Die **offene Wasserhaltung** erfolgt mit herkömmlicher Pumpentechnik; die Abschöpfung der aufschwimmenden Leichtphase mittels spezieller Skimmer. Von der freien Wasserfläche ist eine **hochgradige Abreinigung aufschwimmender Leichtphasen möglich**.

Die künstliche Schaffung größerer Wasserflächen ist meist nur als Folgemaßnahme bereits realisierter ex-situ-Maßnahmen realistisch. Zu berücksichtigen ist, vergleichbar mit Kieseen, der drastische Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt und das zu erwartende längerfristige Genehmigungsverfahren. Im Falle der Nutzbarkeit vorhandener Geländedepressionen oder Baulichkeiten entfallen die ansonsten erforderlichen Herstellungs- und Entsorgungskosten für Erdbau und kontaminiertes Material.

An den Standorten ALVF 1, 2 und 4B stellt die Nutzung tiefliegender Baulichkeiten (Sohle von LFA und Pressenkeller unterhalb des Ruhewasserspiegels) und auch nach einem möglichen Bodenaushub die Schaffung kleinerer Wasserflächen (Betriebstankstelle) eine **Vorzugsvariante** dar. Bedingung für diese Möglichkeit ist, daß nach der Beseitigung der aufschwimmenden Leichtphase ein Belassen der in Randbereichen verbliebenen Bodenkontamination möglich ist.

Entsprechendes gilt auch für den betrieblichen LFA *am Woblitz-See* (ALVF 1). Dort kann es beim Rückbau der provisorischen Holzspundwände, entgegen dem derzeitigen Zustand, auf eingeschlossenen Wasserfläche zur Ausbildung zumindest einer geringmächtigen Leichtphase kommen, die unverzüglich abzuschöpfen wäre.

II.1d2 Fanggräben sind langgestreckte, schmale Aushubbawerke bis in den Grundwasserbereich mit z.T. seitlicher Migrationssperre (Folie, Ton etc.) und einer groben Verkiesung bis etwa 1 m über den maximalen Grundwasserspiegel hinaus. Über spezielle Entnahmetechnik aus Schächten innerhalb der Verkiesung ist eine Leichtphasen-Abschöpfung möglich. Bei hoher Mobilität der Leichtphase, kann diese bereits durch Eigendynamik oder mit dem Grundwasserstrom seitlich in das Grabenbauwerk eindringen.

Die Grundwasserentnahme, z.B. aus Brunnen innerhalb des verkiesten Grabens, ist aufgrund der meist baulicherseits beschränkten Grundwasserabsenkbeträge (max. 1 m) begrenzt, so daß kaum eine künstliche Fließbewegung der Leichtphase erzeugt werden kann.

Fanggräben bedürfen gegenüber der künstlichen Schaffung offener Wasserflächen eines geringeren tiefbautechnischen Aufwandes und sind aufgrund begrenzter Grundwasserspiegelabsenkung vordergründig zur **Leichtphasen-Abschöpfung geeignet**.

Im Bereich ALVF 2 und 4B wäre alternativ zur Variante II.1d1 die Schaffung von Fanggräben sinnvoll, jedoch entstehen zusätzliche Herstellungs- und Entsorgungskosten. Dennoch ist diese Variante einer komplexen Bodendekontamination vorzuziehen.

II.1b Mikrobiologische Verfahren

In der Aerationzone vorliegende Mineralölkontaminationen können durch praxiserprobte mikrobielle Maßnahmen kostengünstig abgebaut werden. Die Leichtphase kann auch durch Intensivierung des natürlichen mikrobiellen Abbaus in überschaubaren Zeiträumen nicht beseitigt werden, so daß eine **Kombination mit hydraulischen Maßnahmen** erforderlich ist. Im vorliegenden Fall bietet sich aufgrund des Nachweises einer natürlichen mikrobiellen Aktivität der Einsatz von stimulierenden Maßnahmen an. Hinzu kommt die zu erwartende **Langzeitwirkung** einer einmalig initiierten Maßnahme.

II.1d Aktive hydraulische Verfahren

Im vorliegenden Fall liegt ein gut durchlässiger Grundwasserleiter vor. Die mit einiger Sicherheit räumlich abgrenzbare Leichtphase liegt in fließfähiger Form vor. Relativ einfache Verfahren zur Leichtphasenabschöpfung mit oder ohne unterstützende Grundwasserhaltung sind bei vertretbar hohem technischem und finanziellem Aufwand praxiserprobt.

Zusammenfassend wird für den vorliegenden Schadensfall (ALVF 1 und 2) unter weitgehender Ausnutzung der baulichen Gegebenheiten (Presserkeller, Kleinkläranlage) eine Leichtphasenabschöpfung von der freien Wasserfläche und eine aktive hydraulische Sanierung zur befristeten Grundwasserentnahme empfohlen. Nach der Grundwasseraufbereitung sollte dieses gezielt in den Hauptbelastungsbereichen unter Stimulierung der natürlichen mikrobiellen Abbautätigkeit sowie der Spülung der Aerationzone mittels Schluckbrunnen reinjiziert werden.

Bodenaushubmaßnahmen sollten in den Bereichen ALVF 2 und 4A-C aufgrund der geringen Gefahrenlage und der Möglichkeit einer weiteren gewerblichen Nutzung mit hohem Versiegelungsgrad auf ein vertretbar geringes Maß beschränkt bleiben.

Im Bereich der ALVF 1 ist die MKW-Kontamination im Torf weitgehend festgelegt. Ein Aushub sollte sich auf sandige Bereiche beschränken, ansonsten aufgrund der zu erwartenden sensibleren Nutzung eine Oberflächenversiegelung etc. favorisiert werden.

Derartige Entsorgungsmöglichkeiten (über 500 DM/m³) sind **unverhältnismäßig** teuer und kommen nur für z.B. stark PCB- oder PAK-haltige Böden in Frage. Dies scheint im vorliegenden Fall ausgeschlossen.

II.3 Entsorgung / Ablagerung (Sonderabfalldeponie/Zwischenabdeckung).

Die Verbringung kontaminierter Massen auf eine Deponie stellt nur eine Verlagerung, keine Lösung des Problems dar.

Derartige „Notlösungen“ können nur im Falle einer akuten Gefahr und einer sofortigen Handlungserfordernis akzeptiert werden. Eine Ablagerung wird aufgrund der Möglichkeit der längerfristigen Sanierungs-Vorbereitung und der Erfordernis der Einsparung von Deponieraum abgelehnt (Verwertung >>> Deponie). Diese Entsorgungsmöglichkeit ist nur für Schlämme aus der Grundwasseraufbereitung (Fe-/Mn-Fällung) **geeignet**.

II.4. Elektrokinese (Galvanisches Element).

Mittels Anoden und Katoden im Untergrund und dem Anlegen einer elektrischen Spannung sollen ionisierbare Bodenkontaminanten aufladbar und mobilisierbar und letztlich dem Untergrund zu entziehen sein. Dem Bearbeiter liegt kein praxiserprobtes Sanierungsbeispiel vor, in dessen Auswertung auch ein Sanierungserfolg für die vorliegenden Verhältnisse ableitbar wäre. Entsprechend kann dieses Verfahren für die Beseitigung der vorliegenden Verunreinigungen **nicht empfohlen** werden.

Zusammenfassend kommen zur Reinigung des bei Tiefbau- und Bohrarbeiten ausgebauten mineralölkontaminierten Bodens je nach Belastungsgrad auch Wasch- und Extraktionsverfahren, vordergründig sicherlich jedoch mikrobielle Behandlungsverfahren in Frage.

Die zurückgewonnene Leichtphase (inkl. nicht abtrennbarer hochbelasteter Wasseranteile) wird mit einiger Sicherheit einer thermischen Verwertung zuzuführen sein.

8.2 Vergleichende Bewertung der Sanierungsalternativen

Bei der Betrachtung der einsetzbaren Sicherungs- und Dekontaminationsverfahren wird dem effektiven Einsatz der finanziellen Mittel unter Berücksichtigung des anzustrebenden Sanierungsziels besondere Bedeutung beigemessen.

Grundsätzlich besteht das Ziel der Sanierung darin, die grundwasserseitig kontaminierten Flächenanteile, hinsichtlich der Schadstoffemission, in unauffällige Standorte zu überführen.

Der Einsatz von Sicherungsmaßnahmen wird den o.g. Zielvorstellungen nicht gerecht, da die eigentliche Kontamination an Ort und Stelle verbleibt.

Daher favorisiert der Gutachter den Einsatz von Dekontaminationsmaßnahmen.

Entsorgungsleistungen und Reststoffbehandlungen (II.2 und II.3) beschränken sich auf die Erfordernis der Entsorgung der zurückgewonnenen Leichtphase, von kontaminiertem Bohrgut und Aushubmaterial sowie die Verbringung des bei der Reinigung des Wassers anfallenden Fe-/Mn-Schlammes. Nachfolgend werden im vorliegenden Fall mögliche Dekontaminationsverfahren gegenübergestellt und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet:

II.1a Extraktions- / Waschverfahren

Diese Verfahren sind nicht zur Beseitigung von dem Grundwasser aufschwimmenden Leichtphasen geeignet, so daß gleichzeitig oder zuvor hydraulische Verfahren einzusetzen wären. Im Falle der erforderlichen in-situ-Bodenreinigung (Aerationszone) wird einer Spülung/Bodenwäsche prinzipiell zugestimmt; die Zugabe von waschaktiven Substanzen, die i.d.R. nicht mikrobiell abbaubar sind, kann aufgrund der Seenähe (*Woblitz-See*) **nicht empfohlen** werden.

Eine Nutzung des bestehenden Pressenkellers zur Leichtphasen-Abschöpfung scheint vorbehaltlich der tatsächlichen Wandstärke (derzeitige Annahme max. 50 cm) ohne größeren technischen Aufwand möglich zu sein.

Nach einem Absaugen und Entsorgen des Wassers aus dem Pressenkeller und dessen Beräumung von Spermüll sollte der Versuch unternommen werden, mit einem Diamant-Kernbohrgerät bei 1,75 m unter GOK eine/mehrere horizontale Betonbohrung(en; ca. 10 x DN 80) in Richtung Meßstelle 7/93 zu realisieren. Diese Wegsamkeit(en) müßte(n) unter gleichzeitiger Ölabschöpfung im Pressenkeller (z.B. mit Bandskimmer) für ein Eindringen von Hydrauliköl solange geeignet sein, bis außerhalb des Fundamentes ein dauerhaft geringeres Ölspiegelniveau vorliegt.

Erst dann sollten vom vertikalen Ansatz her tiefere Kernbohrungen hinzugefügt werden.

Grundvoraussetzung ist die Beibehaltung einer Überdachung zum Schutz vor Niederschlagswässern. Der Vorversuch sollte über einen Zeitraum von etwa 4 Wochen realisiert werden. Für die abschließenden Untersuchungen und die Konzepterarbeitung werden etwa 50 TDM zusätzliche Kosten veranschlagt.

9.1.2 Genehmigungen / Leistungsbeschreibung / Leistungsverzeichnis

Entsprechend den behördlichen Vorgaben in Form einer Sanierungsanordnung (Sanierungsziele, ggf. Zeitplanung), der Vorlage von Entnahme- und Einleitgenehmigungen sowie der Bestätigung von Entsorgungsnachweisen (ca. 3 TDM) sind unter Berücksichtigung der Bebauungsplanung in Vorbereitung der Ausschreibung der sanierungstechnischen und ingenieurtechnischen Arbeiten Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnisse zu erstellen. Auf die Erstellung von Leistungsbeschreibungen und Leistungsverzeichnissen entfällt ein Aufwand in Höhe von etwa 10 TDM. Aufgrund der Bedeutung der geplanten Sanierungsmaßnahmen für die weitere Entwicklung der Region sollte der Öffentlichkeitsarbeit bereits zu Beginn der Arbeiten eine angemessene Bedeutung beigemessen werden. Der Kostenaufwand hierfür ist i.d.R. anteilmäßig gering (im vorliegenden Fall ca. 5 TDM), jedoch kann z.B. ein spontaner Anwohnerprotest etc. kostenintensive Bauverzögerungen zur Folge haben.

9.2 Rückbau / Entfernung aufschwimmender Leichtphase

Offene Wasserhaltungen

Im Falle der Nutzung bestehender offener Wasserflächen (ALVF 1 und 2) ist für die Leichtphasenabschöpfung der Einsatz von Ölwehren und Bandskimmeranlagen denkbar.

9. Entwicklung der optimalen Sanierungsvariante
9.1 Vorbereitende Arbeiten
9.1.1 Sanierungsuntersuchung / Sanierungskonzept mit Ausführungsplanung

Mit den vorliegenden Untersuchungen sind die Historische Recherche, die Kontaminationsabgrenzung, die Ableitung der Gefahrensituation und der Vorschlag nutzungsorientierter Sanierungsziele hinreichend beschrieben.

Möglichkeiten der Dekontamination einschließlich überschlägiger Kostenschätzungen liegen bereits vor (siehe unten).

In Vorbereitung der endgültigen Sanierungsplanung (Leistungsbeschreibung, Erstellung von Leistungsverzeichnissen; s. Pkt.9.1.2) und der Sanierungsdurchführung (s. Pkt. 9.2ff.) werden noch abschließende Sanierungsuntersuchungen und Vorversuche als erforderlich angesehen:

- Errichtung einer GWMS zwischen Pressenkeller und östlichem Hafen,
- Errichtung einer GWMS zwischen Betriebstankstelle/Öllager und westlichem Hafen,
- Verlängerung der GWMS 7/93 und Nivellement der Rohroberkanten,
- monatliche Stichtagsmessungen und Beobachtung der Phasenschichtdicke,
- Deklarationsanalyse von Boden und Bauschuttproben,
- Wasseranalysen auf MKW und Fe/Mn,
- Absaugung überstehender Wässer aus dem Pressenkeller, Beräumung, 1. Kernbohrung,
- Beobachtung des möglichen Phasenzutritts in den Pressenkeller,
- Erstellung eines abschließenden Sanierungskonzeptes mit Ausführungsplanung.

Grundlage der endgültigen Sanierungsplanung ist eine weitgehende Klarheit über die geplante Nutzung der Hauptkontaminationsbereiche. Entsprechend sollte rechtzeitig das entsprechende Architektenbüro in die weitere Sanierungsplanung einbezogen werden.

Das Ziel der o.g. Dokumentation besteht in der Darstellung des prinzipiellen Sanierungsablaufes mit Zeit und Kostenplan. Dieser Bericht sollte der zuständigen Umweltbehörde als Grundlage für eine entsprechende behördliche Anordnung übergeben werden.

Vorversuch Leichtphasenabschöpfung ALVF 2

Der Pressenkeller ist ein tief liegendes monolithisches Bauwerk (Stahlbeton). Die Sohle bei 2 m unter GOK besteht wahrscheinlich ebenfalls aus Beton. Mittels Abschöpfen, Überlauf und Pumpentechnik wurde vor 1990 aus der Presse ausgetretenes Hydrauliköl aufgefangen. Ein Teil des Öles gelangte offenbar in den Untergrund. Risse im Beton oder andere Undichtigkeiten sind oberflächlich nicht erkennbar, so daß das Mineralöl offenbar unter der Oberfläche in den Bereich außerhalb der Streifenfundamente des Pressenkellers gelangte.

Ein Vergleich des derzeitigen Spiegelniveaus von im Pressenkeller anstehendem Niederschlagswasser (kaum Ölspuren) bei 1,8 m unter GOK und der Oberfläche des Hydrauliköls in der nahegelegenen Meßstelle 7/93 bei 1,7 m unter GOK deutet an, daß das Öl außerhalb des Kellers „ausgesperrt“ ist.

Unter Ansatz einer erforderlichen Förderrate von etwa 3 m³/h und einem dreimaligen Wasseraustausch (15.000 m³) wäre ein Sanierungszeitraum von etwa 210 Tagen (7 Monate) anzunehmen. Für den Bereich der Betriebstankstelle (Nähe Meßstelle 2/93 und 23/98) wird die Errichtung eines großdimensionierten Brunnens (DN 400) zur lokalen Grundwasserentnahme vorgeschlagen (ca. 5 TDM). Aufgrund der Bohrarbeiten im kontaminierten Bereich, falls zuvor kein Bodenaustausch erfolgt, ist das Bohrgut zu entsorgen (ca. 0,5 TDM).

Der Nachweis von dem Grundwasser nur in Spuren aufschwimmendem Dieseldieselkraftstoff erlaubt es nicht, eine dauerhafte Leichtphasen-Abschöpfung zu installieren. Jedoch sollte der Brunnen derart dimensioniert und installiert sein, daß die Möglichkeit besteht, vorübergehend bei Bedarf ein auf den Grundwasserspiegel ausgerichtetes sensorgesteuertes Öl-Abförder-System nachzurüsten. Im Falle des Ausbleibens kontinuierlichen Phasenzutrittes auch bei inzwischen ggfs. periodischem Abschöpfbetrieb kann zu einem späteren Zeitpunkt eine Umstellung z.B. auf Bandskimmer-Anlagen (auch ohne Wasserförderung) sinnvoll sein (Installation ca. 5 TDM, Miete je Monat ca. 3 TDM).

Die Grundwasserentnahme aus dem Brunnen (Förderregime ca. 3 m³/h) erfolgt über eine tiefhängende, kraftstoffresistente Pumpe. Durch Gefälleveränderung (Erzeugung eines lokalen Absenktrichters) wird die Leichtphasen-Abschöpfung unterstützt und das am stärksten belastete Grundwasser aus dem Kontaktbereich Leichtphase/Wasser entnommen.

Dieses Wasser (ca. 72 m³/d) wird obertage aufbereitet (Sandfilter, Koaleszenzabscheider, Wasseraktivkohlefilter oder Festbettreaktor; ca. 10 DM/m³ bzw. 720 DM/d) und entweder in den *Woblitz-See* eingeleitet oder im Anstrom der ALVF 4A-C mittels Schluckbrunnen versickert.

Im Falle eines Anlagenbetriebes über 6 Monate entstehen Aufbereitungskosten in der Größenordnung von 130 TDM. Die Bohr- und Installationskosten für einen Schluckbrunnen betragen etwa 5 TDM; die Entsorgung von ggfs. kontaminiertem Bohrgut ca. 0,5 TDM.

Die Versickerung ist neben dem vorgeschlagenen Schluckbrunnen auch in Erdbecken oder Drainagen denkbar, jedoch aufgrund des Vorhandenseins oberflächennaher Bodenkontaminationen mit entsprechenden Entsorgungskosten zu rechnen.

Im Rahmen der Versickerung ist durch Dosierung von Nährstoffen (z.B. PO₄-Zugabe) eine Stimulierung der natürlichen mikrobiellen Abbautätigkeit im Untergrund möglich. Zuvor ist ein Biotest zur Identifizierung der vorhandenen Ölabbauer (Keimzahl, Koloniedichte etc.) erforderlich. Zur Abschätzung des natürlichen mikrobiellen Abbaus sollte das zu reinfiltrierende Wasser zuvor periodisch auf den Gehalt an MKW, BTEX, Fe, Mn, O₂, CO₂ (ggfs. auch TOC, NO₃, NO₂, SO₄, PO₄, NH₄, HCO₃, Ca, Mg) analysiert werden.

ALVF 1

An der Kleinkläranlage ist lediglich die Beseitigung der provisorischen Holzspunde erforderlich (rückbautechnischer Aufwand inkl. Entsorgung der Holzmaterialien ca. 10 TDM) und über einen Zeitraum von etwa 14 Tagen (Reinigen, Demontage, Rückbau der zuführenden Leitungen; ca. 25 TDM) eine Ölwehr auszulegen (ca. 10 TDM), damit ggfs. mobilisiertes Mineralöl nicht in den *Woblitz-See* gelangen kann. Entsprechende Schutzmaßnahmen wären auch für die *Woblitz* selbst zu empfehlen, wenn der ggfs. kontaminierte Überlauf vom LFA in den See gereinigt und demontiert wird (ca. 10 TDM).

ALVF 2

Vorbehaltlich des Ergebnisses von Vorversuchen (s. Pkt. 9.1.1) werden im Pressenkeller ggfs. weitere horizontale Betonkernbohrungen (ca. 10 x DN 80) realisiert und die Leichtphase von der freien Wasseroberfläche mittels Bandskimmer abgeschöpft. Denkbar ist, an einer schmalen Kellerseite ein Gerät zum Antrieb einer umlaufenden aufschwimmenden Ölwehr-Endlosschleife mit automatischer Öl-Abstreiftechnik aufzustellen. Das abgeschöpfte Öl ist in einem Sammelbehälter aufzufangen, das Wasser einer Trennanlage zuzuführen (Koaleszenzabscheider mit nachgeschalteter Wasseraktivkohlefilteranlage). Nach der Aufbereitung bis zur behördlich geforderten Qualität sollte das Wasser (ca. 1 m³/d) verregnet oder in den *Woblitz-See* geleitet werden. Die Leichtphasen-Abschöpfung erfolgt vollautomatisch und wartungsfrei, es sind lediglich periodische Kontrollen und Meßdatenerfassungen durch das beauftragte Ing.-Büro abzusichern (Einsatz 4 Wochen, ca. 25 TDM). Die Ölentorgung (ca. 15 m³) inkl. Transport kostet etwa 10 TDM.

9.3 Grundwasserreinigung / Reinjektion

Die nachfolgenden Varianten werden im Zusammenhang mit der Situation an der ALVF 4A-C und für den Fall, daß die vorab für den Pressenkeller beschriebene Maßnahme nicht hinreichend greift, beschrieben. Im Bereich der ALVF 4A-C liegt neben einer oberflächennahen Bodenkontamination auch eine starke Grundwasserunreinigung (mit DK-Spuren auf dem Grundwasser in Meßstelle 2/93 und 23/98; vgl. Anlage 8) vor. Vorbehaltlich der Entscheidung, ob im Bereich ALVF 4A-C ein umfassender lokaler Bodenaustausch zumindest bis zum Grundwasserniveau erfolgt (siehe Pkt. 4.4), ist aus gutachterlicher Sicht zumindest eine befristete Grundwasserentnahme erforderlich.

Die wassererfüllte Mächtigkeit des unabgedeckten Grundwasserleiters (hier wurde bisher kein Grundwasserstauer erbohrt) beträgt nach regionaler Kenntnis 25 m.

Ausgehend von einem verunreinigten Areal von etwa 1.000 m² und einer Porosität von 20 % beträgt das hochkontaminierte Wasservolumen etwa 5.000 m³.

Tab. 18: Tabellarische Übersicht des Sanierungsvorschlages mit Kostenschätzung

Teil-Maßnahme	Leistungsumfang	Kosten [TDM]
Vorbereitung ALVF 1, 2 und 4A-C	Grundwassermeßstellen, Vorversuch,	
	Sanierungskonzept, Ausführungsplanung	50
	Behördliche Anordnung, Entnahme- und Einleitgenehmigung, Entsorgungsnachweise	3
	Leistungsbeschreibungen/-verzeichnisse, Ausschreibung Öffentlichkeitsarbeit, Pressemitteilung etc.	10 5
Leichtphasen-Absaugung ALVF 1, 2 und 4A-C	Demontage, Entsorgung der Holzspunde	10
	Reinigung, Demontage, Entsorgung der Rohrleitungen zum und vom LFA	25
	Ölwehr im LFA	10
	Reinigung, Rückbau Überlauf in die Woblitz	10
	Ölwehr in der Woblitz	10
	Skimmer-Einsatz	25
	Leichtphasen-Entsorgung (thermische Verwertung)	10
Grundwasserreinigung ALVF 2 und 4A-C	Brunnen Bohren, Installation, Klarpumpen	10
	mikrobiologische Entsorgung Bohrgut	0,5
	Miete/Wartung des Pumpensystems ½ a	12
	Miete/Wartung Trennanlage und Festbettreaktor ½ a	130
	Schluckbrunnen Bohren, Installation, Klarpumpen mikrobiologische Entsorgung Bohrgut	5 0,5
Betriebskosten, Begleitung ALVF 1, 2 und 4A-C	Elektroenergie-Verbrauch	25
	Datenerfassung, Analytik, Rechnungsprüfung, Abschlußbericht	50
Gesamtkosten ohne Bodenaustausch		<u>401</u>
Bodenaustausch ALVF 1, 2 und 4A-C	Erdbau	310
	Entsorgung	1.690
	Füllboden	67,5
Gesamtkosten mit Bodenaustausch		<u>2.469</u>

(Dem Bearbeiter liegen für die vorliegende Schätzung keine konkreten Angebote vor)

9.4 Lokaler Bodenaustausch

Sowohl in den Bereichen ALVF 1, 2 als auch 4A-C besteht die Möglichkeit einer künftig höherwertigen Nutzung (Strandanlage, Wohngrundstück, Park etc.).

Das hat zur Folge, daß ein Belassen von Bodenkontaminationen auch nach erfolgreicher Leichtphasen-Abschöpfung und Minimierung der Grundwasserbelastung nicht mehr tolerierbar ist. Demnach sind Aushubmaßnahmen und ein Bodenaustausch in der Größenordnung der in Tabelle 12 dargestellten Kubaturen unumgänglich. Dabei entfallen Kosten auf den Erdbau (ca. 25 DM/m³ bzw. 310 TDM), den Abtransport und die Entsorgung kontaminierter Materials (ca. 250 DM/m³ bzw. 1.690 TDM) und die Anlieferung von Füllboden (ca. 67,5 TDM). Diese Schätzung beinhaltet nicht erhöhte Aufwendungen für den Abbruch und mögliche Kosten für tiefbaubedingte Wasserhaltungen.

9.5 Betriebskosten / Sanierungsbegleitung / Abschlußbericht

Als grobe Schätzung werden für einen Sanierungszeitraum von 6 Monaten Betriebskosten in Höhe von etwa 25 TDM angenommen. Auf die Bauüberwachung durch ein unabhängiges Fachbüro, Koordinierung aller Sanierungsleistungen einschließlich behördlicher Abnahmen und begleitenden Analysen, das Aufmaß und die Rechnungsprüfung sowie Erstellung des Abschlußberichtes entfallen etwa 50 TDM.

9.6 Zusammenfassung des Sanierungsvorschlages

Die Sanierungserfordernis wird maßgeblich beeinflusst von der tatsächlichen künftigen Nutzung. Im Falle einer gleichbleibenden gewerblichen Nutzung ist nach der Beseitigung der dem Grundwasser aufschwimmenden Leichtphase und der Entnahme des am stärksten belasteten Grundwassers ein weitgehendes Belassen von Bodenkontaminationen tolerierbar.

Bei der Umnutzung (in höherwertige Nutzung) ist ein umfangreicher Bodenaustausch unumgänglich. In der nachfolgenden Tabelle 18 werden als Übersicht die Gesamtkosten der vorgeschlagenen Dekontaminationsmaßnahmen, mit und ohne Bodenaustausch, vergleichend betrachtet: