

# Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 8 – Sanierungsuntersuchung



# Handbuch zur Altlastenbehandlung

## Teil 8

### Sanierungsuntersuchung

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	7
2	Rechtlicher Rahmen.....	8
2.1	Ziel der Sanierungsuntersuchung .....	11
2.2	Sanierungsziele.....	11
3	Begriffsbestimmungen.....	13
4	Projektorganisation.....	15
4.1	Ablauf .....	15
4.2	Beteiligte und deren Zuständigkeiten.....	17
4.2.1	Aufgaben der Behörden .....	18
4.2.2	Leistungen und Pflichten des Auftraggebers / Gutachters.....	21
4.3	Organisatorische Festlegungen .....	23
4.3.1	Ausschreibung und Vergabe .....	23
4.3.2	Festlegung eines Termin- und Ablaufplanes .....	23
4.3.3	Berichtswesen / Dokumentation.....	23
5	Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme .....	25
5.1	Übersicht .....	25
5.2	Darstellung des konzeptionellen Standortmodells .....	26
5.2.1	Einleitung.....	26
5.2.2	Standortlage, aktuelle, künftige und planungsrechtlich zulässige Nutzung .....	27
5.2.3	Geologie und Hydrogeologie.....	27
5.2.4	Schadstoffsituation .....	28
5.2.5	Natürliches Abbaupotential .....	29
5.2.6	Untergrundprozesse.....	30
5.3	Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung.....	30
5.4	Kenntnisdefizite .....	30
6	Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten .....	32
6.1	Festlegung von Sanierungszonen.....	32
6.2	Vorauswahl von Verfahren.....	32
6.2.1	Maßnahmen zur Sanierung.....	32
6.2.2	Auswahlkriterien und Randbedingungen .....	34
6.2.3	Auswahlverfahren.....	34
6.3	Kenntnisdefizite (Defizitanalyse) .....	36
6.4	Dokumentation (1. Zwischenbericht).....	37
7	Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen .....	38
7.1	Durchführung der Untersuchungen.....	38
7.2	Bewertung der Untersuchungsergebnisse .....	39
7.3	Dokumentation (2. Zwischenbericht).....	40
8	Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten.....	41
8.1	Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien.....	41
8.2	Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich Abschätzung der Sanierungsdauer .....	44
8.2.1	Ziele und Ablauf der Fachlichen Bewertung .....	44
8.2.2	Bewertungskriterien.....	47
8.2.3	Abschätzung der Sanierungsdauer.....	50
8.2.4	Verbalargumentative Bewertung .....	51
8.2.5	Nutzwertbezogene Bewertung .....	51
8.3	Kostenschätzung.....	53
8.4	Erforderlichkeit .....	57
8.5	Angemessenheit.....	58

8.5.1	Grundsätzliche Anmerkungen zur Prüfung der Angemessenheit .....	58
8.5.2	Kosten-Nutzen-Betrachtungen .....	58
9	Konkretisierung der Sanierungsziele .....	60
10	Sanierungsvorschlag .....	63
10.1	Dokumentation (3. Zwischenbericht) .....	63
10.2	Behördliche Entscheidung .....	64
11	Sanierungskonzept (Endbericht) .....	65
12	Literaturverzeichnis .....	68
Anhang	.....	69

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einordnung der Sanierungsuntersuchung in die stufenweise Altlastenbehandlung.....	10
Abbildung 2: Beteiligte und deren Zuständigkeiten.....	18
Abbildung 3: Idealisierter Ablauf Entschließungs- und Auswahlermessens.....	20
Abbildung 4: Ablauf Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme .....	25
Abbildung 5: Generelle Einteilung möglicher Maßnahmen.....	33
Abbildung 6: Orientierende Eignungsmatrix für altlastenrelevante Schadstoffe.....	35
Abbildung 7: Bearbeitungsablauf zur Erarbeitung von standortspezifischen Sanierungsszenarien ..	42
Abbildung 8: Bearbeitungsablauf der fachlichen Bewertung von Sanierungsszenarien .....	46
Abbildung 9: Ablauf der Kostenschätzung .....	54
Abbildung 10: Stufen der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Rahmen des Auswahlermessens .....	57
Abbildung 11: Mögliche Fälle für Geltungsorte von Sanierungszielwerten.....	62

## Anhangverzeichnis

Anhang 1: .Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 1 – Grundlagenermittlung / Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten .....	69
Anhang 2: Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 2 – Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen .....	72
Anhang 3: Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 3 – Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten / Sanierungsziele / Sanierungsvorschlag .....	73
Anhang 4: Mustergliederungen Gutachten SU – Endbericht –Sanierungskonzept .....	75
Anhang 5: Checkliste Erarbeitung von Sanierungsszenarien .....	77

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel einer Maßstabsdefinition zur Nutzwertbezogenen Bewertung.....	53
---	----

## Abkürzungsverzeichnis

BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
bzw.	beziehungsweise
DEV	Deutsche Einheitsverfahren
DIN	Deutsche Industrie Norm
DU	Detailuntersuchung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EU	Europäische Union
FIS	Fachinformationssystem
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KonzVgV	Konzessionsvergabeverordnung
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
MNA	Monitored Natural Attenuation
i.d.R.	in der Regel
ITVA	Ingenieurtechnischer Verband Altlasten
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
SächsWG	Sächsisches Wassergesetz
SALKA	Sächsisches Altlastenkataster
SektVO	Sektorenverordnung
TK	Topographische Karte
u.a.	unter anderen / anderem
u.s.	und sonstiges
u.U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
VgV	Vergabeverordnung
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VOL	Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen – ausgen. Bauleistungen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z. B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

# 1 Einführung

Die Reihe „Handbuch zur Altlastenbehandlung“ des Freistaates Sachsen besteht derzeit aus den Teilen 1 bis 9 und umfasst die Themen Grundsätze, Erfassung, stufenweise Gefährdungsabschätzungen der verschiedenen Umweltmedien, Sanierungsuntersuchung und Sanierung.

Die Stufe der Sanierungsuntersuchung stellt als eigenständiger Schritt im Rahmen der Altlastenbearbeitung nach BBodSchG eine wesentliche Grundlage für die Auswahl eines Sanierungsverfahrens dar, die dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz entsprechen muss. Dieses Handbuch ist kein Rechtskommentar, sondern ist als Arbeitshilfe konzipiert.

Das wesentliche Ziel dieses aktualisierten Handbuches ist die Vorlage eines Handlungsrahmens für die Sanierungsuntersuchung mit einer Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte sowie deren Zusammenhänge.

## 2 Rechtlicher Rahmen

Im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG; [1]) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [2] werden die Sanierungspflicht und Anforderungen an die Erfassung, Untersuchung, Bewertung, Sanierung und Überwachung von Altlasten und altlastverdächtigen Flächen geregelt.

Das BBodSchG verankert als Ziel der Gefahrenabwehr die Sanierung einer Altlast. Nach § 4 (3) Satz 1 BBodSchG sind Altlasten sowie Gewässer, die durch eine Altlast verunreinigt worden sind, so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.

Unter Sanierung im Sinne des BBodSchG fallen Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens.

In der Bearbeitungsstufe der Sanierungsuntersuchung erfolgen die notwendigen Untersuchungen zur Entscheidung über Art und Umfang der erforderlichen Maßnahmen (vgl. § 13 (1) Satz 1 BBodSchG). Mit Sanierungsuntersuchungen bei Altlasten sind die zur Erfüllung der Sanierungspflicht geeigneten, erforderlichen und angemessenen Maßnahmen einschl. Maßnahmenkombinationen und erforderlichen Begleitmaßnahmen zu ermitteln. In der Sanierungsuntersuchung sind insbesondere die Regelungen des § 4 (3) Sätze 2 und 3, des § 4 (4) und (5) zu den in Betracht kommenden Sanierungsmaßnahmen und - soweit es um komplexe oder gravierende Altlasten geht – die Regelungen der §§ 13, 14 BBodSchG zur Sanierungsuntersuchung und zur Vorlage eines Sanierungsplanes sowie §§ 5 und 6 und Anhang 3 BBodSchV zu beachten.

Nach § 4 (3) Sätze 2 und 3 BBodSchG kommen bei Belastungen durch Schadstoffe grundsätzlich Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen in Betracht. Sind die Altlasten aber nach Inkrafttreten des BBodSchG (1. März 1999) eingetreten, obliegt dem in seinem Vertrauen nicht geschützten (vgl. § 4 (5) Satz 2 BBodSchG) Pflichtigen grundsätzlich die Beseitigung der Schadstoffe aus dem Boden, soweit dies im Hinblick auf die Vorbelastung des Bodens verhältnismäßig ist (§ 4 (5) BBodSchG).

Einschlägige Begriffsdefinitionen finden sich in § 2 BBodSchG zu Sanierung (Absatz 7), Altlast (Absatz 5), schädlicher Bodenveränderung (Absatz 3) sowie Dekontaminationsmaßnahmen (Absatz 7 Nr. 1), Sicherungsmaßnahmen (Absatz 7 Nr. 3) und Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (Absatz 8).

Als rechtsstaatliches Prinzip ist der **Grundsatz der Verhältnismäßigkeit** verbindlich. Verhältnismäßigkeit verlangt, dass jede Maßnahme, die in Grundrechte eingreift (Sanierungspflicht), einen legitimen öffentlichen Zweck verfolgt (Gefahrenabwehr) und überdies geeignet, erforderlich und angemessen ist. Eine Maßnahme, die diesen Anforderungen nicht entspricht, ist rechtswidrig.

### ■ **Geeignetheit**

Wenn die Maßnahme die Erreichung des Zwecks bewirkt oder zumindest fördert, ist sie geeignet.

### ■ **Erforderlichkeit**

Die Maßnahme ist erforderlich, wenn kein milderes Mittel gleicher Eignung zur Verfügung steht, mit anderen Worten: wenn kein anderes Mittel verfügbar ist, das in gleicher (oder sogar besserer) Weise geeignet ist, den Zweck zu erreichen, aber den Betroffenen und die Allgemeinheit weniger belastet.

### ■ **Angemessenheit**

Angemessen ist eine Maßnahme nur dann, wenn sie nicht außer Verhältnis zum verfolgten Zweck steht.



Folgende konkrete Anforderungen werden gemäß Anhang 3 der BBodSchV an die Durchführung einer Sanierungsuntersuchung gestellt:

Die Prüfung muss insbesondere umfassen:

- die schadstoff-, boden-, material- und standortspezifische Eignung der Verfahren
- die technische Durchführbarkeit
- den erforderlichen Zeitaufwand
- die Wirksamkeit im Hinblick auf das Sanierungsziel
- eine Kostenschätzung sowie das Verhältnis von Kosten und Wirksamkeit
- die Auswirkungen auf die Betroffenen in Sinne § 12 Satz 1 des BBodSchG und auf die Umwelt
- das Erfordernis von Zulassungen
- die Entstehung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen
- den Arbeitsschutz
- die Wirkungsdauer der Maßnahmen und deren Überwachungsmöglichkeiten,
- die Erfordernisse der Nachsorge und
- die Nachbesserungsmöglichkeiten

Die Prüfung soll unter Verwendung vorhandener Daten, insbesondere aus Untersuchungen nach § 3 BBodSchV, sowie aufgrund sonstiger gesicherter Erkenntnisse durchgeführt werden. Soweit solche Informationen insbesondere zur Abgrenzung belasteter Bereiche oder zur Beurteilung der Eignung von Sanierungsverfahren im Einzelfall nicht ausreichen, sind ergänzende Untersuchungen zur Prüfung der Eignung eines Verfahrens durchzuführen. Die Ergebnisse der Prüfung und das danach vorzugswürdige Maßnahmenkonzept sind darzustellen.“

Die bodenschutzrechtliche Sanierungspflicht erstreckt sich auch auf Gewässerverunreinigungen, die durch Altlasten verursacht worden sind. (§ 4 (3) Satz 1 BBodSchG). Was als Gewässerschaden (z. B. Grundwasserschaden) gilt und die bei der Gewässersanierung zu erfüllenden Anforderungen, bestimmen sich nach Wasserrecht (§ 4 (4) Satz 3 BBodSchG). Bei der bodenschutzrechtlich erforderlichen Gefahrenabwehr sind nur die wasserrechtlichen Vorschriften, die der Gefahrenabwehr dienen, anzuwenden, da der Verweis auf das Wasserrecht nicht losgelöst von dem Sanierungsziel „Gefahrenabwehr“ betrachtet werden kann.

Der strenge Gewässerschutz des Wasserrechtes relativiert sich auf der Rechtsfolgenseite im Rahmen der Festlegung von Sanierungsmaßnahmen durch Ermessensausübung und den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Verhältnismäßigkeitserwägungen können somit dazu führen, dass Schäden nicht oder nicht vollständig beseitigt werden oder die zukünftige Entstehung von Schäden toleriert wird, wenn andernfalls Sanierungserfolg und -aufwand außer Verhältnis stehen.

# Altlastenbehandlung nach Bundesbodenschutzrecht - Regelaufbau -

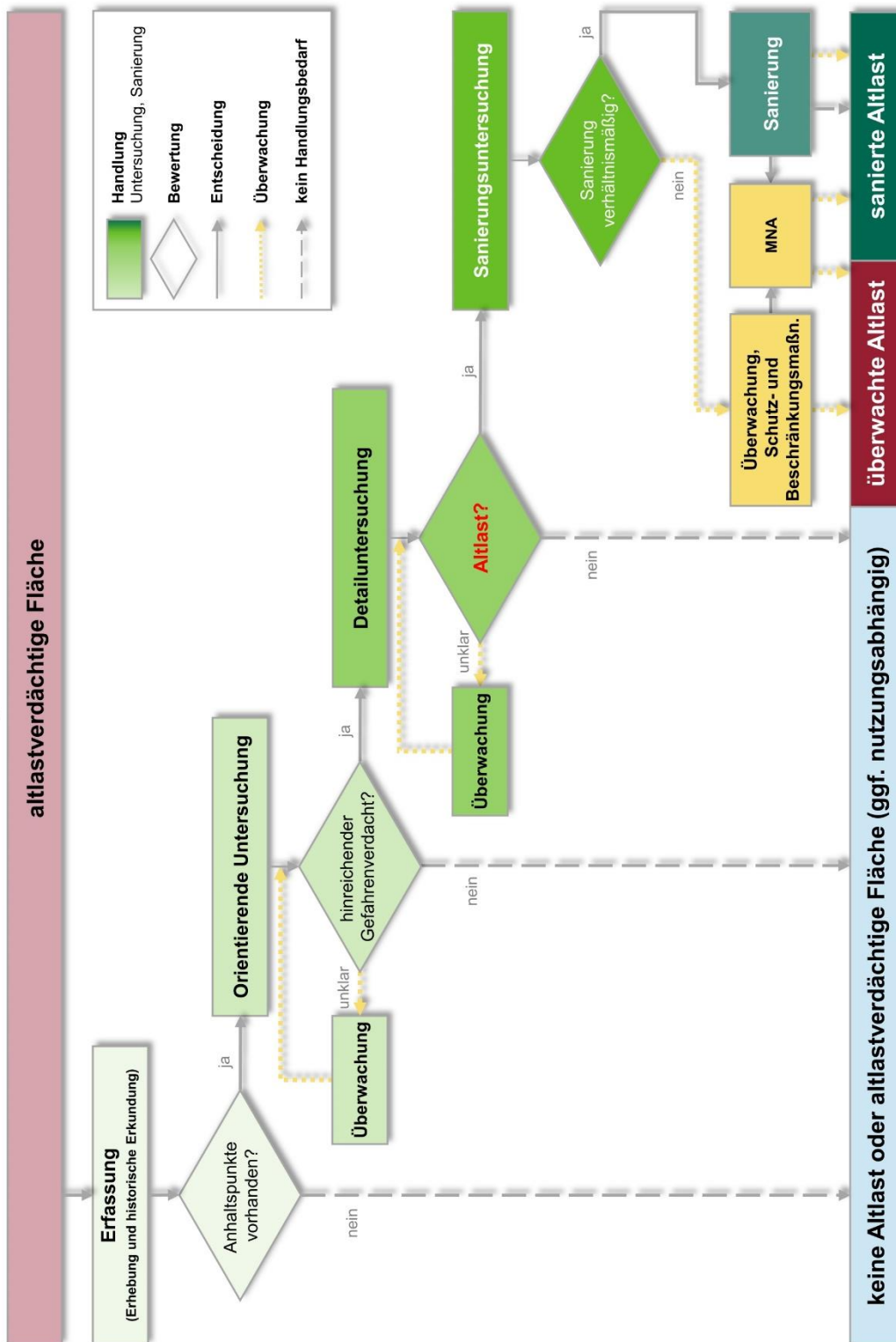


Abbildung 1: Einordnung der Sanierungsuntersuchung in die stufenweise Altlastenbehandlung

## 2.1 Ziel der Sanierungsuntersuchung

**Ziel der Sanierungsuntersuchung (SU)** ist die einzelfallbezogene Ermittlung geeigneter, erforderlicher und angemessener Maßnahmen zur Sanierung der Altlast und/oder der dadurch verursachten Verunreinigung von Gewässern und das vorzugswürdige Maßnahmenkonzept auf der Grundlage der behördlich bestätigten vorläufigen Sanierungsziele. Grundlage der SU ist das behördlich bestätigte vorläufige Sanierungsziel bzw. der Sanierungszielwert aus der Bearbeitungsstufe der vorangegangenen Detailuntersuchung. Die SU mit ihrem als Ergebnis stehenden Sanierungskonzept ist Grundlage für die Planung der Sanierungsmaßnahme bis zur Ausführungsreife und ggf. für einen Sanierungsplan. Die Einordnung der Sanierungsuntersuchung in die stufenweise Altlastenbehandlung wird in Abbildung 1 dargestellt.

Das Erfordernis zur Durchführung einer Gefahrenabwehrmaßnahme (Sanierung) wurde im Ergebnis der vorangegangenen Bearbeitungsstufe, der Detailuntersuchung, mit der abschließenden Gefährdungsabschätzung herausgearbeitet und es wurden **vorläufige Sanierungsziele** hierfür behördlich festgelegt. Die zuständige Ordnungsbehörde und der Sanierungsverpflichtete sollen im Ergebnis der Sanierungsuntersuchung, in die Lage versetzt werden, ein geeignetes Sanierungsszenario unter Berücksichtigung der planungsrechtlich zulässigen Nutzung des Standortes auswählen zu können, welches ein Erreichen der geforderten Sanierungsziele gewährleistet. Dies erfolgt im Ergebnis eines iterativen Prozesses des **Vergleiches verschiedener Varianten und Szenarien**.

Eine Sanierungsuntersuchung besteht in der Regel aus einzelnen Arbeitsschritten, deren vollständige Berücksichtigung erst als Ganzes ein schlüssiges und nachvollziehbares Ergebnis liefert. Grundsätzlich sollten sowohl bei großen als auch bei kleinen Sanierungsfällen sämtliche Arbeitsschritte durchgeführt werden, wobei jedoch in Abhängigkeit von der Sachlage fallspezifisch eine vereinfachte Vorgehensweise möglich ist. So ist die Ableitung geeigneter Sanierungsszenarien aus vergleichbar gelagerten Sanierungsfällen möglich.

Mit Abschluss der Bearbeitungsstufe Sanierungsuntersuchung sind verbindliche Entscheidungen über Art und Umfang der Sanierungsmaßnahme zu treffen. Das Ergebnis ermöglicht der zuständigen Ordnungsbehörde zu entscheiden, welche der untersuchten Szenarien im Einzelfall verhältnismäßig sind und welcher Sanierungsvorschlag zur Umsetzung kommen soll.

Die Qualität der Sanierungsuntersuchung trägt entscheidend dazu bei, eine möglichst ökologische, ökonomische und technisch optimale Lösung für die Sanierung der Altlast zu erreichen.

Auf Grundlage der Sanierungsziele sind unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit geeignete Sanierungsszenarien zu entwickeln. Im Sinne einer zielorientierten und effizienten Bearbeitung ist eine intensive Zusammenarbeit aller Beteiligten, insbesondere des Verpflichteten/Gutachters/Sachverständigen mit der zuständigen Bodenschutzbehörde notwendig. Das bedeutet, dass durch fortwährende Rückkopplung zwischen den einzelnen Arbeitsschritten und eine ständige Abstimmung zwischen den Beteiligten über den gesamten Bearbeitungszeitraum hinweg eine effektive Projektbearbeitung zu gewährleisten ist.

## 2.2 Sanierungsziele

**Die vorläufigen Sanierungsziele (SZ) wurden im Ergebnis der Detailuntersuchung behördlich festgelegt.** Für die sachgerechte Festsetzung einer verhältnismäßigen Sanierungsmaßnahme ist die ordnungsgemäße Ableitung sowie behördliche Prüfung und Festlegung des vorläufigen Sanierungsziels grundlegend. Ihre behördliche Festlegung zielt ausschließlich auf die wirksame und nachhaltige Beseitigung der Gefährdung bei den für die Gefährdungsabschätzung relevanten Schutzgütern am konkreten Standort ab. Ausgehend von tolerierbaren Belastungen im jeweiligen Kontaktmedium stellt die Ableitung der Sanierungsziele praktisch eine Umkehrung der Gefährdungsabschätzung für die zugrundeliegenden Nutzungen dar, wobei der Geltungsort klar zu benennen ist.

**Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung wird das aus der Detailuntersuchung stammende vorläufige Sanierungsziel konkretisiert und angepasst.** Für die Konkretisierung werden die geeigneten, erforderlichen und angemessenen und somit verhältnismäßigen Sanierungsmaßnahmen (vgl. Kapitel 9) berücksichtigt. Dabei bestimmt sich die Festlegung der verhältnismäßigsten Sanierungsmaßnahmen anhand des konkreten Einzelfalls unter Berücksichtigung allgemeiner Erfahrungen und dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Die Sanierungsziele sind als Maß der tolerierbaren Restschädigung unter Abwägung der relevanten Randbedingungen zu verstehen:

- Konzentrationsüberschreitung (Häufigkeit und Höhe der Überschreitung),
- räumliche Ausdehnung (im Verhältnis zur Größe des betroffenen Schutzgutes),
- zeitliche Entwicklung, Prognose (Mobilität, Sorption, mikrobieller Abbau, Toxizität) und
- Bedeutung des Schutzobjektes.

Die Sanierungsziele müssen als Maß für die technischen Sanierungsmaßnahmen geeignet sein. Ohne dieses Maß sind keine sinnvollen geeigneten Maßnahmen und keine Verhältnismäßigkeitsbetrachtungen in der Sanierungsuntersuchung möglich.

Das Niveau der Sanierungsziele kann unterschiedlich sein. Sie können auf eine vollständige oder eine teilweise Schadens-/Gefahrenbeseitigung gerichtet sein.

### 3 Begriffsbestimmungen

Die **Abgrenzung** (horizontal und vertikal) eines Kontaminationsbereiches erfolgt im Rahmen der Detailuntersuchung zusammen mit der abschließenden Gefährdungsabschätzung. Weitere ggf. spezifische Untersuchungen zur Abgrenzung (Abgrenzungsuntersuchungen) können zur lokalen Verifizierung des Kontaminationskörpers und damit verbunden des konkreten Sanierungsumfanges erforderlich werden und im Zuge ergänzender Standortuntersuchungen im Rahmen der Sanierungsuntersuchung durchgeführt werden.

Im Rahmen von **Ex-situ-Sanierungen** wird das kontaminierte Medium aus dem Untergrund entfernt (Grundwasser gehoben, Boden ausgekoffert, Bodenluft gestrippt) und außerhalb der Bodenmatrix behandelt. Unterschieden wird dann zwischen den On-site-Verfahren, bei denen eine Behandlung vor Ort erfolgt, und den Off-Site-Verfahren bei denen das kontaminierte Material hinsichtlich der Behandlung vom Standort entfernt wird.

Die **Gefährdungsabschätzung** ist die Gesamtheit der Untersuchungen und Beurteilungen, die notwendig sind, um die Gefahrenlage bei der einzelnen altlastverdächtigen Fläche abschließend zu klären. Die Gefährdungsabschätzung umfasst dabei alle Maßnahmen von der Ersterfassung bis zur abschließenden Gefahrenbeurteilung.

Bei einer **In-situ-Sanierung** wird das kontaminierte Medium im Zuge einer Sanierung am Standort nicht entfernt, sondern verbleibt im Untergrund. Die Schadstoffe werden in der ungesättigten bzw. gesättigten Bodenzone zerstört, immobilisiert oder abgebaut. Zu den In-situ-Verfahren zählen insbesondere die biologischen und chemischen Verfahren sowie pneumatische Techniken zur Dekontamination.

**MNA** (*Monitored Natural Attenuation*) bezeichnet die Überwachung der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung der Masse, des Volumens, der Fracht, der Konzentration, der Toxizität oder der Mobilität eines Schadstoffes im Boden, in der Bodenluft oder im Grundwasser führen.

**Nachsorge** umfasst die Überwachung von Umweltmedien (z. B. Bodenluft, Grund- oder Oberflächenwasser) nach Abschluss einer Sanierungsmaßnahme oder Sanierungsteilleistung, wenn sich die veränderten hydraulischen, chemischen und biogeochemischen Verhältnisse auf einen durch die Maßnahmen nicht mehr beeinflussten Zustand zurückgebildet haben.

Nachsorgemaßnahmen werden immer dann erforderlich, wenn aufgrund verbliebener Schadstoffpotenziale nach der Sanierung eine langfristige Instandhaltung der Sanierungsbauwerke und -anlagen und/oder eine Überwachung der Wirkungspfade notwendig sind.

Bei Sicherungssystemen beginnt die Nachsorgephase unmittelbar nach der Vollendung und Abnahme eines Sicherungssystems (Dichtwand, Oberflächenabdichtung o. ä.). Hier verbleibt das Schadstoffinventar dauerhaft im Untergrund. Es steht die langfristige Überwachung der Wirkungspfade sowie die Funktionsfähigkeit der Bauwerke und Anlagen gemäß § 2 Nr. 8 BBodSchV im Vordergrund der Nachsorge.

Ein **Rebound** im Altlastenbereich ist ein Wiederanstieg der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser oder der Bodenluft nach Abschluss aktiver Sanierungsmaßnahmen. Ursache dafür sind verschiedene Effekte, z. B. die Desorption bodengebundener Schadstoffe, die Rückdiffusion von Schadstoffen aus gering durchlässigen Bereichen oder die Verflüchtigung von Schadstoffresidualphasen. Da die gelösten oder gasförmigen Schadstoffe nicht mehr aktiv entfernt werden, steigt deren Konzentration.

Der **Sanierungsentscheid** ist die verbindliche behördliche Festlegung des anzuwendenden Sanierungsszenarios sowie der endgültigen Sanierungsziele durch die zuständige Behörde als Ergebnis der Sanierungsuntersuchung. Der Sanierungsentscheid wird im Rahmen der Sanierungsuntersuchung getroffen und erfolgt im Einvernehmen mit den Beteiligten.

Die **Sanierungsentscheidung** ist die Klärung der Sanierungsnotwendigkeit als Ergebnis der abschließenden Gefährdungsabschätzung sowie der Festlegung der vorläufigen Sanierungsziele nach Vorliegen der Detailuntersuchung und vor Durchführung der Sanierungsuntersuchung.

Das **Sanierungskonzept** umfasst die auf der Grundlage des Sanierungsvorschlages von der zuständigen Behörde in Abstimmung mit allen Beteiligten festgelegte Konzeption zur Sanierung der Altlast. Es ist Grundlage für die Erarbeitung des gegebenenfalls erforderlichen Sanierungsplanes nach § 13 BBodSchG sowie die nachfolgende Sanierungsplanung.

Ein **Sanierungsszenario** beschreibt für die Altlast bzw. die Sanierungszone eine Möglichkeit zur Sanierungsdurchführung bezogen auf ein geeignetes Sanierungsverfahren bzw. eine Verfahrenskombination inklusive sämtlicher vorzubereitender, begleitender und nachfolgender Leistungen unter Berücksichtigung aller betroffener Schutzgüter, der planungsrechtlich zulässigen Nutzung sowie sämtlicher Standortverhältnisse. Jedes Sanierungsszenario muss die Sanierungsziele, die gesetzlichen Regelungen sowie die von der zuständigen Behörde für den Einzelfall festgelegten Maßgaben erfüllen.

Der **Sanierungsvorschlag** ist das auf der Grundlage der fachlichen Beurteilung der grundsätzlich geeigneten Sanierungsszenarien, der Kostenschätzung, der Nutzen-Kosten-Betrachtungen vom Gutachter vorgeschlagene Sanierungsszenario.

**Sanierungsziele** sind das Maß der tolerierbaren Restschädigung unter Abwägung relevanter Randbedingungen (schutzgut- und nutzungsabhängig konkrete Kriterien). Dabei sind technische und zeitliche Belange zu berücksichtigen. Sanierungsziele können als textliche Umschreibung oder als Zahlenwerte (Konzentrationen, Frachten, Prozentuale Reduzierung sowie Kombinationen aus diesen) angegeben werden.

Der **Sanierungszielwert** stellt die anzustrebende (Rest-)Schadstoffkonzentration bzw. -menge im Boden, im Grund- oder Oberflächenwasser oder in der Boden- bzw. Innenraumluft für ein Sanierungsziel dar. Der Sanierungszielwert ist stets einzelfallbezogen anzugeben.

Eine **Sanierungszone** ist ein räumlich zusammenhängendes Gebiet einer Altlast oder Teilfläche oder eines Kompartiments, auf dem dasselbe Sanierungsszenario angewendet wird.

Der **Wirkungspfad** beschreibt den Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut bzw. Schutzobjekt. Es wird grundlegend unterschieden zwischen

- Wirkungspfad Boden-Mensch,
- Wirkungspfad Boden-Pflanze,
- Wirkungspfad Boden-Grundwasser sowie
- Wirkungspfad Boden-Oberflächenwasser

mit weiteren Ausprägungen.

Ein **Schutzgut** stellt ein vor schädlichen Auswirkungen zu bewahrendes Leben bzw. Medium an einem von einem Schaden betroffenen Standort dar. Schutzgüter in Zusammenhang mit der Altlastenbearbeitung sind insbesondere: Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser und Luft.

Ein **Schutzobjekt** stellt ein standortkonkretes Schutzgut mit Nutzungsbezug dar, z. B. den Boden eines konkreten Kinderspielplatzes.

# 4 Projektorganisation

## 4.1 Ablauf

Grundlage für die Bearbeitung einer Sanierungsuntersuchung sind die Ergebnisse der Detailuntersuchung, einschließlich der auf dieser Stufe behördlich bestätigten, vorläufigen Sanierungsziele/-zielwerte.

Die Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung erfordert gegenüber anderen Untersuchungsstufen insbesondere regelmäßige Abstimmungsgespräche mit dem Auftraggeber, der zuständigen Bodenschutzbehörde und ggf. weiteren in die Bearbeitung involvierte bzw. von der Maßnahme betroffene Personen/Personen-gruppen/Institutionen. Diese Termine dienen der fachgerechten Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung (einschließlich der Absicherung einer fachgerechten Aufgabenstellung). Es empfiehlt sich zu Beginn der Bearbeitung regelmäßige Termine/Jour fixe zu vereinbaren, deren Häufigkeit und Umfang jedoch im Rahmen der Bearbeitung entsprechend der tatsächlichen Notwendigkeit anzupassen sind.

Die Sanierungsuntersuchung gliedert sich idealtypisch in nachfolgende Bearbeitungsetappen, welche in Abhängigkeit von der Komplexität der Schutzgutkontamination und der damit erforderlichen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr jeweils mit einem Gutachten/Zwischenbericht abgeschlossen werden sollen:

### **I.) Grundlagenermittlung / Auswahl geeigneter Sanierungsvarianten**

### **II.) Ggf. erforderliche verfahrensbedingte Standortuntersuchungen**

### **III.) Abschließende Auswahl standortspezifischer verhältnismäßiger Sanierungsvarianten / Sanierungsziele / Sanierungsvorschlag**

### **IV.) Sanierungskonzept**

Die fachgutachterliche Bearbeitung der jeweils nächsten Bearbeitungsetappe hat dabei erst nach grundsätzlicher Zustimmung der fachlich Beteiligten zu den Inhalten des jeweils vorherigen Leistungsteils sowie der Bestätigung durch die zuständige Ordnungsbehörde zu erfolgen. In diesem Zusammenhang bestehende Anregungen und Bedenken der Ordnungsbehörde bzw. der fachlich Beteiligten sind bei einer Überarbeitung zu berücksichtigen.

Nachfolgend wird der Ablauf der Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung innerhalb der jeweiligen Bearbeitungsetappen kurz erläutert.

### **I.) Grundlagenermittlung / Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten**

#### **Arbeitsschritt 1: Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme mit**

- Darstellung des konzeptionellen Standortmodells,
- Ergebnissen der Gefährdungsabschätzung einschließlich der ggf. erfolgten Tolerierbarkeitsbetrachtung und den behördlich festgelegten vorläufigen Sanierungszielen,
- ggf. vorhandene Kenntnisdefizite aus der Gefährdungsabschätzung.

#### **Arbeitsschritt 2: Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten**

- Aufteilung in einzelne Sanierungszonen,
- Auswahlkriterien für verfügbare Sanierungstechnologien / -verfahren,
- Randbedingungen,
- Vorauswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungstechnologien / -verfahren,

- Verfahrensbezogene Kenntnisdefizite,
- Untersuchungsprogramm zur Behebung der Kenntnisdefizite.

**Die Ergebnisse der Arbeitsschritte 1 und 2 sind in einem 1. Zwischenbericht zu dokumentieren.**

## II.) Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen

### Arbeitsschritt 3: Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen

- Vorbereitung, Durchführung, Dokumentation und Auswertung der verfahrensbedingten Standortuntersuchungen,
- Darstellung verbliebener Kenntnisdefizite mit Risikobewertung bei Nichtbehebung.

**Die Ergebnisse erforderlicher Standortuntersuchungen sind in einem 2. Zwischenbericht zu dokumentieren.**

## III.) Abschließende Auswahl standortspezifisch verhältnismäßiger Sanierungsvarianten / Sanierungsziele / Sanierungsvorschlag

### Arbeitsschritt 4: Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien

- unterteilt nach den Sanierungszonen unter Berücksichtigung der einzelnen Schutzgüter.

### Arbeitsschritt 5: Prüfung der Eignung

- Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich der Abschätzung der Sanierungsdauer.

### Arbeitsschritt 6: Durchführung einer Kostenschätzung

- Je Sanierungsszenario, untersetzt für einzelne Leistungsbereiche und vergleichende Betrachtung.

### Arbeitsschritt 7: Prüfung der Erforderlichkeit

- Prüfung und Ausweisung des „mildesten Mittels“.

### Arbeitsschritt 8: Prüfung der Angemessenheit

- Kosten-Nutzen-Betrachtung zu den Sanierungsszenarios mit Ableitung eines Rankings.

### Arbeitsschritt 9: Konkretisierung der Sanierungsziele

- verfahrensbezogenen Konkretisierung von Sanierungszielen / -werten mit Angabe des Geltungsortes,
- Überprüfung der Sanierungsszenarien anhand der konkretisierten Sanierungsziele / -werte überprüft.

### Arbeitsschritt 10: Sanierungsvorschlag

- Formulierung des konkreten Sanierungsvorschlages zur Gesamtmaßnahme unter Nennung aller Randbedingungen und Darstellung der zeitlichen und räumlichen Abläufe,
- Behördliche Entscheidung zum Sanierungsvorschlag.

**Die Ergebnisse der dritten Etappe sind in einem 3. Zwischenbericht zu dokumentieren.**

## IV.) Sanierungskonzept

### Arbeitsschritt 11: Sanierungskonzept

- Konzeptionelle Umsetzung des Sanierungsvorschlags anhand des von der zuständigen Behörde verbindlich festgelegten Sanierungsszenarios mit standortspezifischer Ausgangssituation, Sanierungsziele/-zielwerte, Zulassungserfordernissen und sonstige Rahmenbedingungen, Zeitplan, Kostenschätzung sowie erforderlichem Projekt- und Qualitätsmanagement.



Die Gesamtmaßnahme, die das Sanierungskonzept umfasst, wird zusammen mit der behördlichen Entscheidung in einem Endbericht zur Sanierungsuntersuchung dokumentiert.

**Bei länger laufenden Sanierungsuntersuchungen ist zu prüfen, in welchem Umfang eine parallele Überwachung des Schadens erforderlich ist. Zudem ist darauf zu achten, dass möglichst die jeweils aktuellen Standort- / Kontaminationsergebnisse in der Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung Berücksichtigung finden.**

## **4.2 Beteiligte und deren Zuständigkeiten**

Zu Beginn der Sanierungsuntersuchung sind die Beteiligten festzustellen und deren Aufgaben und Zuständigkeiten zu klären (vgl. Abbildung 2). Im Wesentlichen handelt es sich dabei um folgende Beteiligte:

- den Verpflichteten,
- die zuständigen Ordnungs- und Fachbehörden,
- den Gutachter/Sachverständigen sowie
- ggf. die unmittelbar Betroffenen.

Dieser Personenkreis sollte sich in festzulegenden Abständen treffen und laufend über den Arbeitsfortschritt, als auch relevante Details informiert werden sowie notwendige Abstimmungen führen.

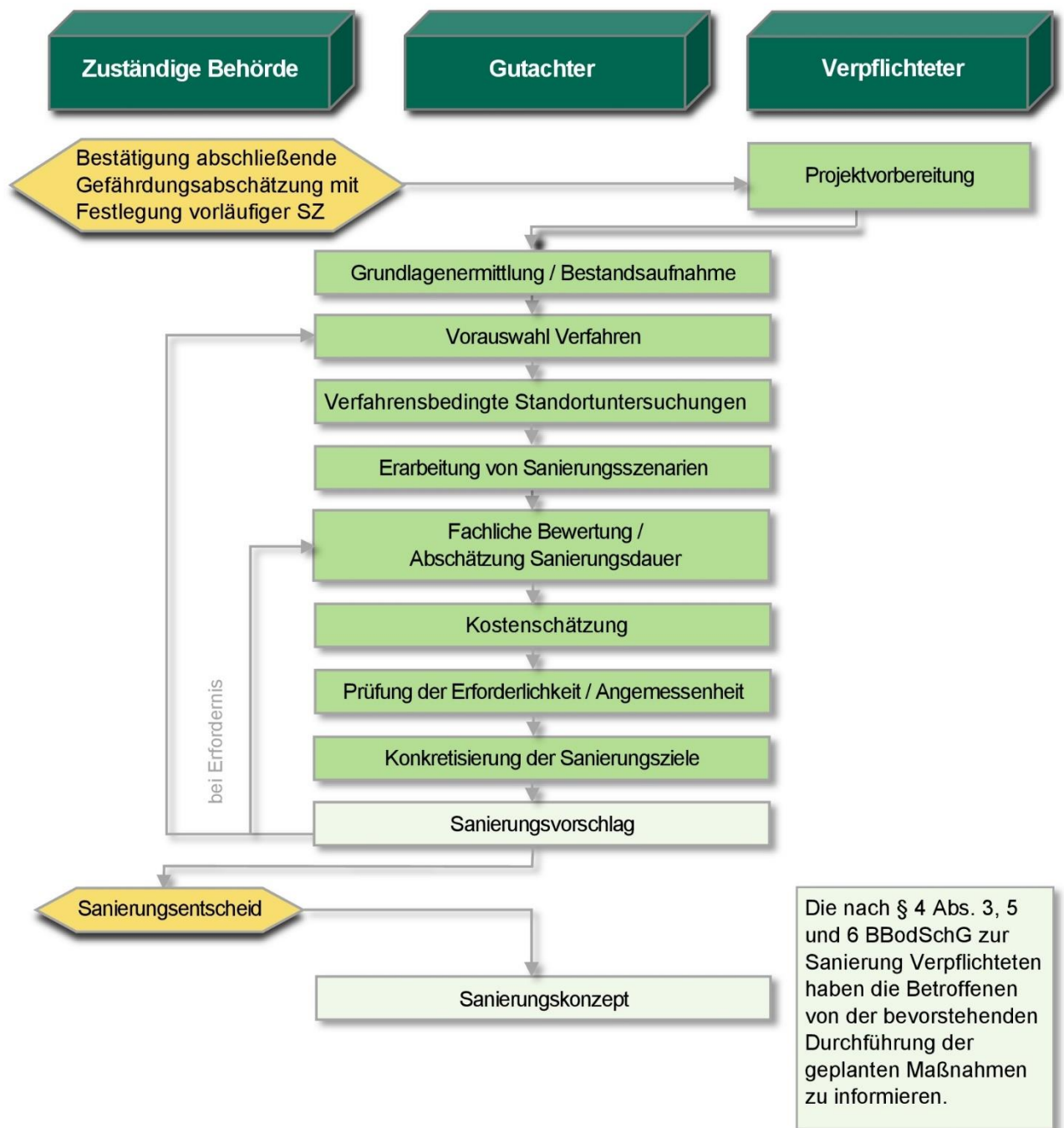


Abbildung 2: Beteiligte und deren Zuständigkeiten

#### 4.2.1 Aufgaben der Behörden

Die Zuständigkeit der Behörden ist entsprechend BBodSchG [1] gegeben und regelt insbesondere in den § 13 und 15 das behördliche Vorgehen.

So soll die zuständige Behörde gemäß § 13 BBodSchG[1], Abs. 1, bei Altlasten, bei denen wegen der Verschiedenartigkeit der nach § 4 erforderlichen Maßnahmen ein abgestimmtes Vorgehen notwendig ist oder von denen auf Grund von Art, Ausbreitung oder Menge der Schadstoffe in besonderem Maße schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, von einem

nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 zur Sanierung Verpflichteten die notwendigen Untersuchungen zur Entscheidung über Art und Umfang der erforderlichen Maßnahmen (Sanierungsuntersuchungen) verlangen.

Im Weiteren kann die zuständige Behörde gemäß § 13 BBodSchG, Abs. 2 verlangen, dass die Sanierungsuntersuchungen von einem Sachverständigen nach § 18 erstellt werden.

Altlasten und altlastverdächtige Flächen unterliegen, soweit erforderlich, gemäß § 15 BBodSchG, Abs. 1 der Überwachung durch die zuständige Behörde.

Das Ermessen der zuständigen Behörde ist dann gegeben, wenn die Verwaltung bei Verwirklichung eines gesetzlichen Tatbestandes zwischen verschiedenen Verhaltensweisen wählen kann. Das Ermessen kann sich darauf beziehen, ob die Verwaltung überhaupt eingreifen und tätig werden soll (Entschließeremessen – Durchführung von Gefahrenabwehrmaßnahmen erforderlich), und/oder darauf, welche der möglichen und zulässigen Maßnahmen im konkreten Fall getroffen werden sollen (Auswähleremessen – Festlegung der geeigneten, erforderlichen und angemessenen Maßnahme zur Gefahrenabwehr). Das Ermessen gibt der Verwaltung die Möglichkeit zur eigenverantwortlichen, wenn auch gesetzlich gelenkten Entscheidung, so auch zur individuellen Einzelfallgerechtigkeit (Einzelfallentscheidung).

Die zuständige Behörde handelt auf Basis der qualitativ erhobenen Daten und Ergebnisse der Fachgutachter und berücksichtigt deren Empfehlungen. Das behördliche Handeln schließt eine reine Plausibilitätsprüfung der gutachterlichen Ergebnisse aus, sondern beinhaltet klare und begründete Festlegungen. Dabei kann sich die Behörde die fachlichen Ergebnisse zu eigen machen, jedoch auch davon abweichende begründete Festlegungen treffen.

Dreh- und Angelpunkt für eine sachgerechte Festsetzung einer verhältnismäßigen Sanierungsmaßnahme ist die ordnungsgemäße Ableitung sowie behördliche Prüfung und Festlegung des vorläufigen Sanierungsziels. Sie ist Grundlage für eine erfolgreiche Sanierungsuntersuchung.

Die qualifizierte und nachvollziehbar begründete Verhältnismäßigkeitsentscheidung, ggf. in Form eines Verwaltungsaktes, kann von der Behörde nur getroffen werden, wenn die Variantenaufstellung der Sanierungsuntersuchung erschöpfend ist und systematisch bewertet wird.

In ihrer Entscheidung ist die Behörde grundsätzlich nicht an das vom Pflichtigen vorgeschlagene Maßnahmenkonzept gebunden. Allerdings kann die Behörde nur ein Maßnahmenkonzept einfordern, das erforderlich ist, also das mildeste Mittel darstellt. Sie kann dem Pflichtigen jedoch nicht verwehren, dass dieser ein anderes Maßnahmenkonzept präferiert, soweit dieses geeignet ist und nicht zu einer inakzeptablen Belastung Dritter oder von Umwelt, Natur und Landschaft führt. Der idealisierte Ablauf des Entschließer- und Auswähleremessen ist in nachfolgender Abbildung 3 dargestellt.

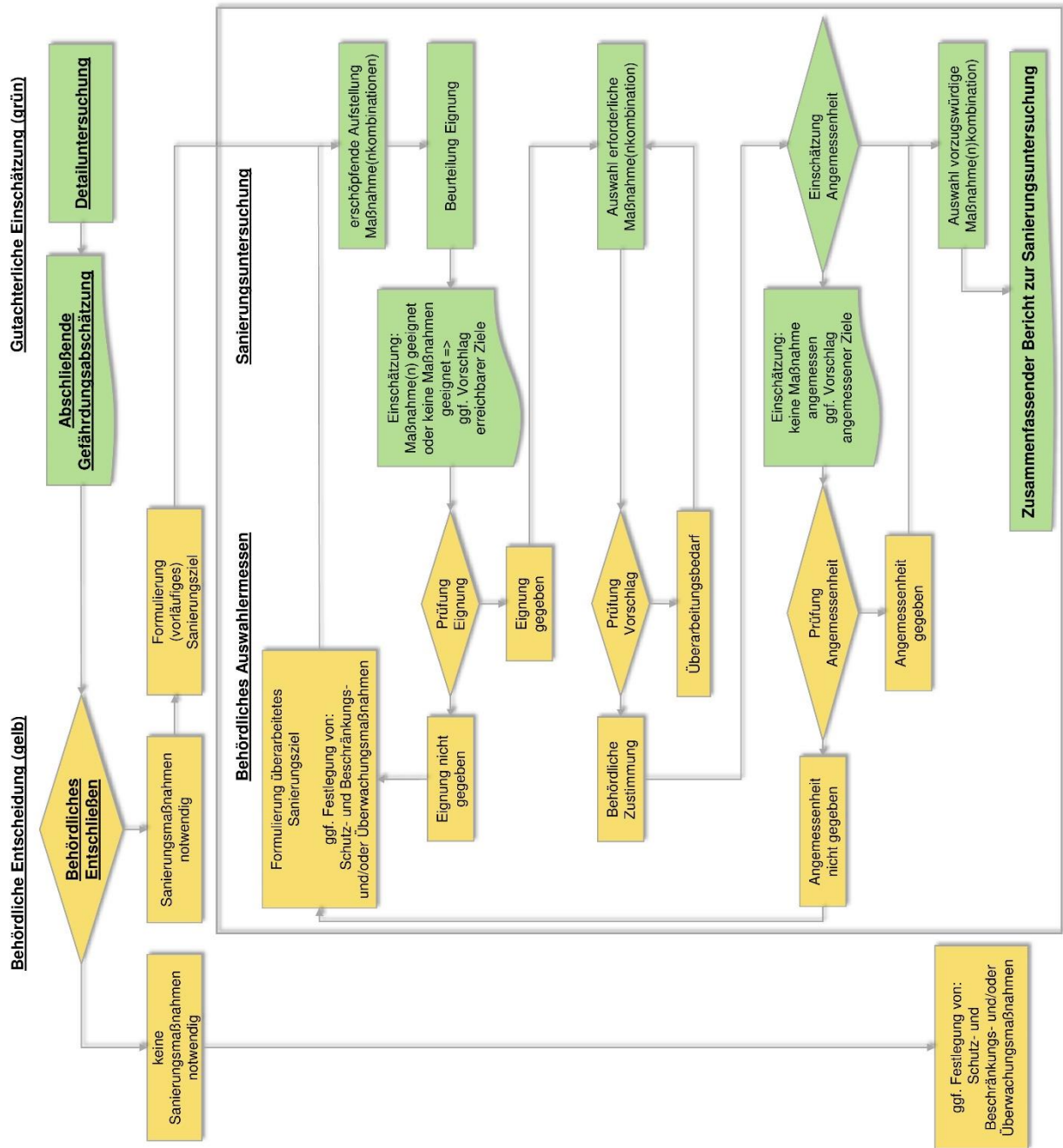


Abbildung 3: Idealisierter Ablauf Entschließungs- und Auswahlermessen (gemäß [9])

## Leistungen und Pflichten des Auftraggebers / Gutachters

Auftraggeber einer Sanierungsuntersuchung kann der nach BBodSchG Verpflichtete, die zuständige Ordnungsbehörde bzw. ein vom Verpflichteten zur Durchführung der Sanierung beauftragter Dritter sein (Gutachter/Sachverständiger).

Nach der Festlegung des vorläufigen Sanierungsziels am Ende der Detailuntersuchung durch die Behörde obliegt es dem Verpflichteten, eine Aufstellung von Maßnahmen zu erarbeiten und diese hinsichtlich ihrer Eignung, des Aufwandes und der Angemessenheit so zu untersuchen, dass eine Entscheidungsgrundlage für die behördliche Prüfung und Festlegung geeigneter Maßnahmen der Sicherung / Sanierung geschaffen wird. Von erheblicher Bedeutung ist dabei, dass im Rahmen der Sanierungsuntersuchung alle Varianten im Sinne von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen systematisch und vollständig abgehandelt werden. Dabei ist insbesondere das frühzeitige Aussondern einzelner Varianten aufgrund möglicherweise hoher Kosten ohne grundsätzliche Prüfung der Eignung zu vermeiden. Bei unzureichender Datenlage zur Prüfung der Eignung ist fachgutachterlich abzuwägen ob für das sachgerechte Auswahlermessen ergänzende Untersuchungen erforderlich sind, oder ob diese Datenlage für eine grundsätzliche Prüfung und Bewertung z. B. im Rahmen der Vorprüfung ausreichend ist. Die zuständige Behörde ist über die unzureichende Datenlage in Kenntnis zu setzen, damit dies im Rahmen Ihrer Entscheidungsfindung Berücksichtigung findet.

Die Funktion des Auftraggebers/Bauherrn und damit i. d. R. der Projektleitung ist mit einer Vielzahl von rechtlichen, kaufmännischen und organisatorischen Aufgaben und Pflichten verbunden. Sein Aufgabenbereich umfasst zu Beginn der Sanierungsuntersuchung u. a. die nachfolgend aufgeführten Punkte:

- Bündelung der Kompetenzen, wenn die Sanierungsuntersuchung parallel zu städtebaulichen Maßnahmen bzw. Baumaßnahmen abgewickelt wird,
- Aufbau einer Organisationsstruktur mit Festlegung der Zuständigkeiten,
- Festlegung der Kommunikations- und Entscheidungsstruktur,
- Gewährleistung eines ausreichenden Versicherungsschutzes für alle Eigen- und Fremdleistungen,
- Information der zuständigen Ordnungsbehörde sowie sonstiger Beteiligten über den beauftragten Gutachter bzw. Projektsteuerer,
- Beschaffung von Betretungsrechten, Schachtscheinen etc.,
- Gewährleistung der Flächenfreigabe für Untersuchungen durch den Kampfmittelräumdienst,
- Information über relevante Gesetze, Richtlinien, Merkblätter, Arbeitshilfen etc.,
- Planung anstehender Arbeitsschutzmaßnahmen sowie umfassende Unterstützung des Gutachters bei der Erfüllung seiner Leistungen und Gewährleistung der Einsichtnahme in interne projektrelevante Unterlagen.

Grundsätzlich kann der nach BBodSchG Verpflichtete die Sanierung einer Altlast bei Vorliegen entsprechender Voraussetzungen selbst übernehmen. Er wird jedoch i.d.R. für diese Aufgabe ein entsprechend qualifiziertes Unternehmen beauftragen. Gleiches trifft für die Sanierungsuntersuchung zu, wenn die Behörde nicht entsprechend § 13 Abs. 2 BBodSchG die Erstellung dieser durch einen Sachverständigen nach § 18 BBodSchG angeordnet hat.

Praxiserfahrungen zeigen, dass die Verpflichteten insbesondere dann an einer Übernahme von (Teil-) Leistungen interessiert sind, wenn sie gleichzeitig bauliche Arbeiten auf der Fläche durchführen. Daher sind Art und Umfang der Eigenleistungen der Verpflichteten im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und bei der späteren Sanierung rechtzeitig zu klären.

Des Weiteren ist ein Finanzierungskonzept für alle Leistungen in Abhängigkeit von der Bearbeitungszeit zu erstellen. Dabei gilt es zunächst, die Eigenleistungen bzw. die Höhe der finanziellen Eigenmittel des Verpflichteten zu klären. Bei Notwendigkeit einer staatlichen Förderung ist ein entsprechendes Antragsverfahren einzuleiten.

Der Verpflichtete / Auftraggeber hat sich vor Auftragsvergabe über seine Aufgaben und Pflichten zu informieren und diese bei der Bearbeitung wahrzunehmen.

Dem von ihm beauftragten Gutachter sind:

- der Inhalt und Umfang des Gutachtens klar und eindeutig zu benennen,
- zu berücksichtigende Gutachten, Stellungnahmen, Daten und Informationen zur Verfügung zu stellen,
- bekannte Informationsdefizite, Probleme und Schwierigkeiten mitzuteilen,
- planerische Vorgaben (Ingenieurplanungen, kommunale Planungen, Landes- und Regionalplanungen etc.), die planungsrechtlich zulässige Nutzung bzw. alternative Nutzungsmöglichkeiten, das zukünftige Nutzungskonzept sowie die Vorstellungen von Investoren mitzuteilen,
- die am Projekt zu Beteiligten (Ordnungsbehörde, Fachbehörde, Investoren, Betroffene etc.) und deren Zielvorstellungen zu benennen sowie
- die aktuellen bzw. geplanten Besitzverhältnisse bezogen auf die zu sanierende Fläche sowie das direkte Umfeld offen zu legen.

Mit der Aufforderung zur Angebotsabgabe sind dem Gutachter alle notwendigen Unterlagen und Informationen zur Verfügung zu stellen bzw. zur Einsichtnahme vorzulegen.

Zuvor sind noch die Anforderungen an die Qualitätssicherung gemeinsam zwischen den Beteiligten festzulegen. Dies betrifft insbesondere Festlegungen zur Nachprüf- und Nachvollziehbarkeit der gutachterlichen Aussagen.

Der Verpflichtete/Gutachter/Sachverständige ist zum regelmäßigen, zu Projektbeginn festgelegten Informationsfluss zusätzlich zu den erforderlichen Zwischenberichten und Gutachten verpflichtet, um den Personenkreis der an der Sanierungsuntersuchung Beteiligten laufend über den Arbeitsfortschritt und über relevante Details zu informieren und Meilensteile aufzustellen.

Grundsätzlich erfolgt die **Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung als ein iterativer Prozess** in regelmäßiger Abstimmung aller Beteiligten. Die **gutachterliche Verantwortung** zur fach- und qualitätsgerechten Aufbereitung der Daten und Ergebnisse entsprechend dem Stand der Technik und Formulierung von begründeten Empfehlungen zum weiteren Vorgehen besteht während der gesamten Zeit der Bearbeitung und wird nicht durch die Abstimmung in der Projektgruppe bzw. durch behördliche Festlegungen reduziert.

- Ergeben sich im Laufe der Bearbeitung fachliche oder organisatorische Hindernisse / schwerwiegende Fragen / Probleme zur qualitativen Weiterbearbeitung der Sanierungsuntersuchung, so sind die fachlich Beteiligten durch den Verpflichteten nach Mitteilung durch den Gutachter zu informieren. Es sind Lösungsvorschläge zu unterbreiten, auf Basis dessen sowie ggf. im Zuge einer gemeinsamen Besprechung die zuständige Behörde in die Lage versetzt wird, Festlegungen zu treffen.
- Bei veränderten inhaltlichen und zeitlichen Randbedingungen oder neu zu berücksichtigenden Sachverhalten im Verlauf der Bearbeitung ist es möglich und empfehlenswert einen oder mehrere Arbeitsschritte zu wiederholen (Iterationsverfahren).
- Dies ist zu jedem Zeitpunkt der Bearbeitung möglich und erfordert die eigenverantwortliche Mitteilung durch den Verpflichteten/Gutachter/Sachverständigen.

## 4.3 Organisatorische Festlegungen

### 4.3.1 Ausschreibung und Vergabe

Leistungen, die der Auftraggeber nicht selbst erbringt und die durch Zuwendungen von öffentlichen Mitteln finanziert bzw. mitfinanziert werden, sind entsprechend dem Haushaltsrecht des Bundes bzw. des Freistaates Sachsen zu vergeben.

Dabei sind gutachterliche Leistungen zur Durchführung der Sanierungsuntersuchung geistig schöpferischer Natur und i.d.R. im Verhandlungsverfahren nach vorheriger Preisanfrage zu vergeben. Wenn das Auftragsvolumen die von der EU periodisch festgelegten Schwellenwerte überschreitet, sind die zutreffenden Vergabeverordnungen (z. B. VgV, VOB/A, KonzVgV, SektVO) zu berücksichtigen. Gleiches gilt auch für Vergaben unterhalb der Schwellenwerte (z. B. LandesvergabeG, VOL/A, VOB/A, UVgO).

Es wird empfohlen, die Höhe des gutachterlichen Honorars als Ingenieur- und Gutachterleistung frei zu vereinbaren. Dabei entsprechen die Leistungsinhalte der SU als Vorplanung den Leistungsphasen 1 – 2 der HOAI. Gutachterleistungen können bei der Sanierungsuntersuchung als Gesamtauftrag für sämtliche Arbeitsschritte vergeben werden.

Da in vielen Fällen der Umfang der verfahrensbedingten Standortuntersuchungen zu Bearbeitungsbeginn der Sanierungsuntersuchung und die daraus ggf. resultierenden Leistungen der weiteren Verfahrensschritte noch nicht abschätzbar sind, empfiehlt sich eine schrittweise Beauftragung. Im ersten Schritt sollte danach die Beauftragung für die Grundlagenermittlung / Auswahl geeigneter Sanierungsvarianten erfolgen. Im Ergebnis dessen und nach Vorliegen der behördlichen Entscheidung können Art und Umfang der verfahrensbedingten Standortuntersuchungen festgelegt werden. Die Vergabe der technisch-analytischen Leistungen (i.d.R. VOB-/VOL-Leistungen) erfolgt entsprechend den im Gutachtervertrag festgelegten Modalitäten. Danach kann auch der Aufwand der Ingenieur- und Gutachterleistungen für die weiteren Arbeitsschritte abgeschätzt werden, so dass dann die weitere Beauftragung erfolgen kann.

### 4.3.2 Festlegung eines Termin- und Ablaufplanes

Seitens der zuständigen Ordnungsbehörde ist mit Aufforderung zur Durchführung gegenüber dem Verpflichteten ein grober Zeitplan aufzustellen, welcher zugleich der Angebotsabforderung für den Gutachter zugrunde liegt. Der Zeitplan ist anhand der Aufgabenstellung und unter Berücksichtigung der Standortspezifika mit dem gutachterlichen Angebot zu verifizieren und nach Auftragserteilung im Zuge der Anlaufberatung mit allen fachlich Beteiligten zu konkretisieren. Abweichungen davon bedürfen der behördlichen Zustimmung unter Zugrundelegung der aktuellen und konkretisierten Erkenntnisse.

### 4.3.3 Berichtswesen / Dokumentation

Die Gutachten sind entsprechend den im Anhang beigefügten Mustergliederungen in fachgerechter analoger und digitaler Form zu erarbeiten.

Auf Anweisung des Auftraggebers/Verpflichteten erfolgt die Durchführung von Terminen zur Präsentation der Ergebnisse mit dem Auftraggeber sowie ggf. weiteren Beteiligten. In zeitlich sinnvollem Abstand sind (sofern keine aktuellen Zwischenberichte vorliegen) Tischvorlagen zu erstellen und den fachlich Beteiligten zur Vorbereitung der Termine zu übergeben. Termine in der Projektgruppe sind zu protokollieren, wobei sich mit Bezug zu den Inhalten der Präsentation und der Tischvorlagen die Erstellung von Festlegungsprotokollen empfiehlt. Die Form und der Umfang sollten im Rahmen der Anlaufberatung definiert werden.

**Die Erarbeitung der Zwischenberichte nach Bearbeitung eines jeweiligen Leistungsteils dient dem zeitnahen Informationsfluss und Mitteilung über den aktuellen Arbeitsstand sowie dessen Bewertung**

**im Hinblick auf die nachfolgenden Arbeitsschritte. Sie liefern damit eine Entscheidungshilfe für die weitere Vorgehensweise.**

Zur Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung ist die Erarbeitung von drei Zwischenberichten nach den Leistungsteilen I-III sowie eines Endberichtes nach Abschluss des Leistungsteils IV vorgesehen.

Abweichende Regelungen zum Berichtsumfang sind in Abstimmung mit den Projektbeteiligten standortspezifisch möglich.

Dabei informieren die Zwischenberichte über:

- wichtige Teilergebnisse oder Erkenntnisse des jeweiligen Leistungsteils mit den jeweiligen Arbeitsschritten,
- unmittelbar anstehende Probleme, die ggf. eine Prüfung und ggf. Änderung der bisherigen Vorgehensweise oder weitere Maßnahmen erfordern (z. B. veränderte rechtliche Randbedingungen, neue Erkenntnisse zum konzeptionellen Standortmodell oder verfahrensbedingten bzw. verhältnismäßigen Eignung von Sanierungsverfahren, Begründungen für Abweichungen vom Angebot mit einem Vorschlag für die weitere Vorgehensweise),
- den aktuellen Stand der Arbeiten (als Beleg für Teilabnahmen bei Anforderung von Teilzahlungen und/oder als Bestätigung für - eventuell vom Auftraggeber / Ordnungsbehörde gesetzte - Ausführungsfristen),
- den Stand bzw. die Entwicklung der Kosten für die durchzuführenden Arbeiten.

Die Erstellung von Zwischenberichten, Tätigkeitsberichten, Kurzberichten, Stellungnahmen, Tischvorlagen etc. ist mit dem Gutachter bereits bei der Auftragsvergabe abzustimmen und vertraglich zu vereinbaren. U. a. sind festzulegen:

- die äußere Form (z. B. Gestaltung von Unterlagen),
- Inhalt, Umfang und ggf. Verwendungszweck,
- Zeitpunkt der Abgabe,
- Anzahl der zu erstellenden Gutachten, Berichte, Stellungnahmen etc.,
- Einsatz der EDV (z. B. Textverarbeitungs-, Auswertungs- und Zeichenprogrammen) sowie ggf. die Datenübermittlung (z. B. ob und Art des Datenträgers).

**Die Inhalte und Ergebnisse der jeweiligen Zwischenberichte sowie des Endberichtes sind in der Fachgruppe zu diskutieren, entsprechend den Anregungen der Behörde zu überarbeiten und in der finalen abgestimmten Version behördlich bestätigen zu lassen.**

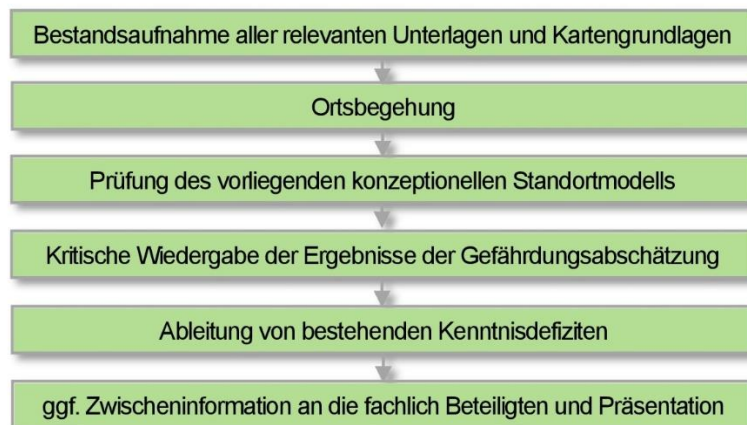
Auf der Grundlage dieses Berichtswesens haben anschließend die Beteiligten Zeitpunkt und Umfang der Information der Öffentlichkeit (sofern erforderlich) festzulegen. Dabei gilt es insbesondere den Entscheidungsprozess für die Betroffenen und die Öffentlichkeit nachvollziehbar zu gestalten. Insbesondere sollten hierfür eine verständliche Sprache und Graphiken genutzt werden.



# 5 Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme

## 5.1 Übersicht

Nach Abschluss der Projektvorbereitung erfolgt mit der Grundlagenermittlung der Beginn der Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung durch den Gutachter. Ihm sind vom Auftraggeber die in der Projektvorbereitung (Kap. 4.2.2 / 4.3.1) exakt formulierte Aufgabenstellung einschließlich sämtlicher Vorgaben und zu berücksichtigender aktueller Randbedingungen sowie die für die Bearbeitung erforderlichen Unterlagen (Gutachten, Dokumente, Bestandspläne usw.) zur Verfügung zu stellen. Die Grundlagenermittlung umfasst die in Abbildung 4 dargestellten Arbeitsschritte.



**Abbildung 4: Ablauf Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme**

Ziel der Grundlagenermittlung ist die Aufnahme und Zusammenstellung einer umfassenden standortspezifischen Datenbasis, auf deren Grundlage die Vorauswahl geeigneter Sanierungstechniken /-verfahren und die Ableitung geeigneter Sanierungsszenarien möglich ist. Wesentliche Grundlage für die Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren sind die Ergebnisse der abschließenden Gefährdungsabschätzung.

Wurden die bisherigen Altlastenerkundungen gemäß den Anforderungen des BBodSchG / BBodSchV und den methodischen Vorgaben zu deren Bearbeitung durchgeführt, so kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Ausbreitung der Schadstoffe und die betroffenen Wirkungspfade hinreichend bekannt sind. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen sowie der abschließenden Gefährdungsabschätzung und den behördlich bestätigten vorläufigen Sanierungszielen die Auswahl von geeigneten Sanierungsverfahren möglich ist.

Auf Basis der vorliegenden Daten wird das konzeptionelle Standortmodell erstellt. Dieses ist mit jedem weiteren Erkenntnisgewinn zu dem zu sanierenden Standort fortzuschreiben.

Sämtliche relevanten Unterlagen sind hinsichtlich der Schaffung einer standortspezifischen Datenbasis zusammenzustellen und aufbereitet darzustellen. Geeignete Grundlagenkarten des Untersuchungsgebietes und des näheren Umfeldes sollten im kopierfähigen Zustand im Maßstab 1:1.000 oder 1:500 einschließlich Höhenangaben bzw. in digital weiterverarbeitbarer Form vorliegen.

Neben den standortspezifischen Unterlagen ist zu prüfen, inwieweit die nachfolgend aufgeführten Unterlagen benötigt werden und bei Erfordernis auch digital vorliegen:

- Verschiedenes Kartenmaterial (z. B. topographische, geologische, hydrogeologische, bodenkundliche und ingenieurgeologische Karten mit Erläuterungen)
- Lagepläne mit Darstellung der Grundstücksgrenzen, Fluren und Flurstücke
  - Kontaminationsverteilungskarten (dreidimensional),
  - Geologische Schnitte,
  - Lagepläne mit Kennzeichnung der geplanten Nutzung auf dem Grundstück sowie ggf. im betroffenen Grundwasserabstrom,
  - Lagepläne mit Darstellung der vorhandenen Grundwassermessstellen und Brunnen,
  - Lagepläne mit Darstellung der behördlich festgelegten Schutzgebiete und -zonen,
  - Lagepläne mit Darstellung der vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen,
  - gegebenenfalls Luftbilder.

Verschiedene erforderliche Themenkarten (z. B. Schutzgebiete, Grundwassermessstellen und Brunnen, geologische/hydrogeologische und bodenkundliche Karten) können auf der Internetseite des LfULG eingesehen bzw. heruntergeladen werden.

Nach Aufarbeitung der Unterlagen und Kenntnis des Standortes nach Aktenlage empfiehlt es sich, Ortsbegehungen durchzuführen, um die aktuellen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet zu ermitteln und diese unter dem Aspekt der anstehenden Sanierungsuntersuchung zu erfassen. Das betrifft beispielsweise:

- Flächennutzungen und Bebauungen bzw. Versiegelung,
- Infrastruktureinrichtungen (z. B. Straßen, Wege, Zufahrten),
- Vorhandene Grundwassermessstellen und Brunnen.

Die Ergebnisse der Ortsbegehung sind in einem Protokoll sowie fotografisch zu dokumentieren. Im Vorfeld ist zu prüfen, ob Zutrittsberechtigungen erforderlich und arbeitsschutzrechtliche Bestimmungen einzuhalten sind.

Die einzelnen hier angerissenen Punkte werden im Folgenden näher erläutert.

## **5.2 Darstellung des konzeptionellen Standortmodells**

### **5.2.1 Einleitung**

Das konzeptionelle Standortmodell beinhaltet die Zusammenstellung von regionalen und standortspezifischen Daten zur Beschreibung des Standorts und der äußeren Umstände. Mit dem Zusammenführen aller Daten sind plausible Erklärungen von Schadstoffbelastungen, zum Schadstoffinventar im Untergrund, den daraus resultierenden Schutzgutbelastungen, den Ausbreitungspfaden vom Schadensherd über die unterschiedlichen Umweltmedien bis zu betroffenen Schutzobjekten sowie zu den im Untergrund ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen verbunden. In den meisten Fällen besteht das konzeptionelle Standortmodell aus einer grafischen Darstellung der oben geschilderten Verhältnisse verbunden mit einer textlichen Erläuterung.

Das konzeptionelle Standortmodell muss im Ergebnis der DU vorliegen, ist wesentliche Grundlage für die Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren und erleichtert die Entscheidung zum Sanierungsvorschlag.

Insbesondere bei komplexen Altlastenstandorten sollte auf Basis der erhobenen Daten eine mathematische Modellvorstellung generiert werden, welche anhand des bisherigen Systemverhaltens geprüft, korrigiert und fortgeschrieben wird. Zu prüfen ist in solchen Fällen die Anwendung von geografischen Informationssystemen (GIS), verbunden mit geeigneten Datenbanksystemen zur komplexen Erfassung und Visualisierung der Untergrundverhältnisse und -prozesse.

Zusammenfassend soll damit ein konzeptionelles Modell mit qualitativen und quantitativen Aussagen erarbeitet werden.

Wesentliche Datengrundlagen bzw. Inhalte des konzeptionellen Standortmodells sind:

- Allgemeine Standortangaben,
- Nutzung,
- Geologie und Hydrogeologie (hydrogeologisches Arbeitsmodell),
- Schadstoffsituation,
- Natürliches Abbaupotenzial,
- Untergrundprozesse.

Ein gutes konzeptionelles Standortmodell offenbart zudem rasch Kenntnislücken, die noch geschlossen werden müssen.

## **5.2.2 Standortlage, aktuelle, künftige und planungsrechtlich zulässige Nutzung**

Der Altlastenstandort ist bezüglich nachfolgender Punkte zu beschreiben, die Darlegungen sind durch aktuelle Plandarstellungen zu ergänzen, die Nutzung der Plandarstellungen der Stufe Detailuntersuchung ist entsprechend der Aktualität zu prüfen:

- Allgemeine Lage und Grenzen (Land, Stadt/Landkreis),
- Zugehörigkeit (Eigentümer, Flurstücke, Gemeinde, Katasterdaten, u. a.),
- Geo- und Topografie (u. a. TK Blatt / Blätter, Lagekoordinaten),
- Historische und aktuelle Nutzung sowie planungsrechtlich zulässige Nutzung,
- Aktueller Zustand (bspw. Bebauung, Versiegelungsrate),
- Umgebungsnutzungen,
- Lage zu Schutz- und Vorranggebieten und
- (falls erforderlich) Klima.

Die am Standort geplante Nutzung sowie die Umfeldnutzung, die durch die Altlast betroffen ist, sind mit den für das Gebiet vorliegenden Nutzungsplänen (Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen, etc.) abzugleichen.

## **5.2.3 Geologie und Hydrogeologie**

Anhand der bisher durchgeführten Standortuntersuchungen (z. B. Altlastenuntersuchungen, Baugrunduntersuchungen) und vorliegender thematischer Karten sind die geologischen und hydrogeologischen Kenntnisse im Allgemeinen und vor allem für den lokalen Bereich des

Sanierungsstandortes gegebenenfalls unter Berücksichtigung saisonaler Schwankungen wie folgt darzustellen:

### Geologie

- Regionale und lokale Situation,
- Schichtenaufbau / Schichtenlagerung (petrographische/stratigraphische Charakterisierung),
- Geologisches Normalprofil (Schichtenfolge),
- Differenzierung von stauenden und durchlässigen Schichten,
- Geologische Störungen.

### Hydrogeologie/ Hydrologie

- Charakterisierung von Grundwasserleiter- und Grundwasserstauerschichten,
- Grundwasserneubildungen,
- Grundwasserfließrichtung,
- Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten,
- Grundwasserflurabstand,
- Hydraulische Kennwerte und Volumenströme (z. B.  $k_f$ -Werte, Druckspiegel, Vertikalströmungen),
- Relevante hydrodynamische Elemente (z. B. Vorfluter, Oberflächengewässer, Wasserhaltungen),
- Bestehende Grundwassermessstellen und Brunnen.

Die Ergebnisse sind anhand geeigneter Plan- und Schnittdarstellungen unter Kennzeichnung der Standortabgrenzung zu visualisieren:

- Übersichtspläne mit geologischen Aufschlüssen sowie Grundwassermessstellen, Brunnen und Oberflächenwassermesspunkten, Bodenluftmessstellen usw.,
- Hydroisohypsendarstellungen, ggf. bei unterschiedlichen hydraulischen bzw. hydrodynamischen Verhältnissen (saisonal variierend),
- Geologische Schnittdarstellungen unter Einbeziehung von Aufschlüssen und Kennzeichnung der Grundwasserstände an Grundwassermessstellen und Brunnen.

Liegt zum Standort ein geologisches Strukturmodell und/oder Grundwasserströmungsmodell vor, so sind dessen Ergebnisse zusammenfassend zu beschreiben und zu visualisieren.

## 5.2.4 Schadstoffsituation

Unter Berücksichtigung der Standorthistorie sind die relevanten Schadstoffe zu benennen und hinsichtlich ihrer physikochemischen Eigenschaften, ihres Aggregatzustandes und ihrer Abbaubarkeit zu charakterisieren. Es sind die Schadstoffherde zu beschreiben, wobei ggf. auf das Vorhandensein von Sekundärschadstoffherden hinzuweisen ist.

Die Ergebnisse der relevanten analytischen Untersuchungen sind übersichtlich, chronologisch und lagebezogen je Kompartiment oder in deren Kombination sowie mit Bezug zu den zugrunde zu legenden vorläufigen Sanierungszielwerten zu beschreiben und zu visualisieren. Die Analysenergebnisse der Kompartimente:

- Boden (ungesättigte und gesättigte Zone(n)) im Feststoff und Eluat,
- Bodenluft,

- Raumlufte,
- Sickerwasser,
- Grundwasser (je Grundwasserleiter),
- Oberflächenwasser

sind zusammen mit den Hintergrundwerten darzustellen. Liegt am Standort der Nachweis von Produktphasen im Untergrund vor, so sind diese umfassend zu charakterisieren und zu kartieren. Dabei sind Aussagen zu deren Mobilität, Löslichkeit und gegebenenfalls Rückgewinnbarkeit unter Berücksichtigung der geologischen Standortsituation zu treffen.

Die vorhandenen Schadstoffinventare und deren Quellstärke je Kompartiment (im Grundwasser je Grundwasserleiter) sind zu beschreiben. Die kontaminierten Bereiche (ggf. je Kompartiment) sind zu beschreiben, räumlich abzugrenzen und grafisch in Plänen und Schnitten darzustellen.

Die Freisetzungsraten und Frachten einschließlich deren Herleitung sind zu erläutern. Stellen (z. B. Kontroll- oder Bilanzebenen), an denen diese Parameter bestimmt wurden, sind zu beschreiben. Bei Sickerwasserfrachten ist zu unterscheiden, ob diese direkt unterhalb der Schadstoffquelle oder am Ort der Beurteilung (Grundwasseroberfläche) ermittelt wurden. Im Fall abweichender Beprobungsorte ist dies in der Bewertung zu berücksichtigen. Grundwasserfrachten werden in Abhängigkeit vom Modellansatz und der Zielstellung entweder im direkten Abstrom einer Schadstoffquelle (naher Grundwasserabstrom) oder im weiteren Grundwasserabstrom (Bewertung von Abbau- und Rückhalteprozesse) ermittelt [3].

## 5.2.5 Natürliches Abbaupotential

Um die Eignung möglicher Sanierungsverfahren detaillierter bewerten zu können, sind Aussagen zu Abbau- und Rückhalteprozessen im gesamten von der Altlast betroffenen Bereich grundlegend. Zudem sind Abbauprozesse in Teilen deutlich für den Erfolg oder Misserfolg verschiedener Sanierungsverfahren verantwortlich, sodass deren Kenntnis zur Bewertung der Verfahren / Verfahrenskombinationen erforderlich ist. Durch ablaufende Abbau- und Rückhalteprozesse im Untergrund kann es zu einer Schadstoffverminderung in der Schadstoffquelle und deren Abstrom kommen. Um das Fahrenverhalten großflächiger und komplexer Grundwasserschäden zum Beispiel nach einer aktiven Quellensanierung zeitlich und räumlich prognostizieren zu können, sind reaktive Schadstofftransportmodelle geeignet, die diese Prozesse darstellen und berücksichtigen. Bei weniger komplexen Schäden gelingt dies auch mit Hilfe einfacherer Berechnungen.

Bei organischen Schadstoffen sind vor allem die Sorption und der Abbau, bei leichtflüchtigen Schadstoffen zusätzlich die Verflüchtigung als schadstoffreduzierende Prozesse relevant. Sorptions- und Abbauprozesse, die zu einer Schadstoffminderung führen, müssen unabhängig voneinander quantitativ ermittelt werden (z. B. mit Hilfe von Labor- oder *In-situ*-Versuchen).

Die vorliegenden Ergebnisse zu Untersuchungen bzw. zur Einschätzung der Abbau- und Rückhalteprozesse aus der Detailuntersuchung sind kritisch bezüglich der Eignung zur Bewertung von geeigneten Sanierungsverfahren zu prüfen. Sie sind je Schadstoff und Wirkungspfad zu erläutern. Als eine Grundlage für die Bewertung sind die Milieuverhältnisse am Standort zu beschreiben und grafisch darzustellen (z. B. Redoxzonen). Es ist darzulegen, ob die Kenntnisse hierzu für die weitere Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung ausreichen.

Im Rahmen des F-/E-Vorhabens „KORA“ erfolgten umfangreiche Untersuchungen zum natürlichen Selbstreinigungspotenzial für verschiedene Branchen [4]. Hinsichtlich der Möglichkeiten der Nutzung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung (Monitored Natural Attenuation -

MNA) wird auf die Ausführungen in [5] und [10] verwiesen. Kommt MNA prinzipiell als Handlungsoption in Betracht, kann es im Rahmen des Auswahlverfahrens ggf. einbezogen werden.

## 5.2.6 Untergrundprozesse

Die im Untergrund ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen und deren Wirksamkeit im Sanierungsprozess (Prozessverständnis) spielen eine wesentliche Rolle bei der Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren. In der Regel können diese anhand der in der Erkundung gewonnenen Daten erkannt und bewertet werden. Die Berücksichtigung von Untergrundprozessen ist insbesondere bei *In-situ*-Verfahren von großer Bedeutung, da diese durch die engen Wechselwirkungen der Phasen Boden, Wasser und Luft im Untergrund stark beeinflusst werden. Änderungen verschiedener Einflussfaktoren wie z. B. der Schadstoffgehalt mit und ohne Phase, der Wassergehalt und die Milieuverhältnisse führen zu veränderten Gleichgewichtsprozessen. Insgesamt muss im Ergebnis der vorliegenden Detailuntersuchung und weiterer gegebenenfalls ergänzender sanierungsvorbereitender Untersuchungen ein umfassendes Verständnis der im gesamten Schadensbereich ablaufenden Prozesse hergestellt werden. Die Untergrundprozesse sind zusammenfassend und nachvollziehbar zu beschreiben und Unsicherheiten zu bewerten. Unter Berücksichtigung dieser Prozesse soll es im optimalen Fall möglich sein, Prognosen zur Schadstoffentwicklung für ausgewählte Sanierungsvarianten zu erstellen.

Bei kleinräumigem und homogenem Untergrundaufbau lassen sich dazu einfache analytische Modelle verwenden. Trotz der auf dem Bearbeitungsstand der Sanierungsuntersuchung umfangreich zur Verfügung stehenden Daten, erfordern die Modelle Annahmen für einige Parameter. Diese begrenzen die Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Modelle. Solche einfachen Modelle können im Zuge der Sanierungsuntersuchung als „Screening-Tool“ eingesetzt werden.

## 5.3 Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung

Die Ergebnisse der Detailuntersuchung mit der durchgeführten abschließenden Gefährdungsabschätzung sind zusammenfassend darzustellen. Es sind die betroffenen Schutzgüter und die Wirkpfade zu nennen und für jeden Wirkungspfad ist die Exposition anzugeben. Die im Rahmen der Detailuntersuchung gutachterlich abgeleiteten und durch die zuständige Ordnungsbehörde bestätigten vorläufigen Sanierungsziele und/oder Sanierungszielwerte sind zu nennen. Liegen seit dem Zeitpunkt der Erarbeitung der Detailuntersuchung und der Festlegung der vorläufigen Sanierungsziele/-zielwerte neue Kenntnisse zum Standort, zu dessen Nutzung oder zur Kontaminationssituation vor oder müssen ggf. aktuellerer Bewertungsgrundlagen Berücksichtigung finden, so sind die vorliegenden Ergebnisse und Festlegungen kritisch hinsichtlich ihrer Aktualität und Bestandskraft zu beurteilen.

## 5.4 Kenntnisdefizite

Sollte der Gutachter feststellen, dass die Kenntnisse zum Standort einschließlich der Kontaminationssituation (d.h. die objektbezogenen Kenntnisdefizite) für die Durchführung der Sanierungsuntersuchung nicht genügen und zusätzliche Daten erhoben werden müssen, so sind die ermittelten Informationsdefizite zusammenzustellen und zu begründen. Es ist darzustellen, welche Konsequenzen das Belassen eines Informationsdefizites für die weitere Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung jeweils hat. Außerdem sind konkrete Maßnahmen zum Ausräumen der Informationsdefizite zu benennen. Sollte der Gutachter die Notwendigkeit umfassender Maßnahmen zur Beseitigung der Kenntnisdefizite ableiten, so sind die bisherigen Ergebnisse der Grundlagenermittlung unter Nutzung der Mustergliederung für den 1. Zwischenbericht zu dokumentieren.

Vor Fortführung der weiteren Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung ist in einer Projektbesprechung mit den Beteiligten ausführlich zu erörtern wie mit den vorhandenen Kenntnislücken umzugehen ist. Optional ist ein Schließen dieser Kenntnislücken auch später, zusammen mit der Ermittlung verfahrensspezifischer Daten

möglich. Die Entscheidung zur weiteren Vorgehensweise und der Umgang mit gegebenenfalls verbleibenden Unsicherheiten ist gemeinsam zwischen dem Auftraggeber, der zuständigen Behörde und dem Gutachter abzustimmen und schriftlich zu dokumentieren. Optional wird seitens der zuständigen Ordnungsbehörde entschieden, die Sanierungsuntersuchung zu unterbrechen, die Kenntnislücken zu schließen und die Gefährdungsabschätzung unter Nutzung der neu zu erhebenden Daten zu aktualisieren. Es kann der Fall eintreten, dass aufgrund besonderer Randbedingungen (z. B. enge Terminplanung wegen anstehender Investitionen) die Ordnungsbehörde entscheidet, trotz vorhandener Kenntnisdefizite die Sanierungsuntersuchung fortzuführen. In diesem Fall sind die Unsicherheiten und Konsequenzen aus dem „Nichtwissen“ darzustellen und zu dokumentieren.

Zur Schließung der Kenntnislücken ist ein entsprechendes Bearbeitungskonzept (einschließlich Aussagen zur Qualitätssicherung, zum Arbeitsschutz und zum Umgang mit Abfällen und deren Entsorgung) aufzustellen und mit den Beteiligten abzustimmen. Auf dieser Basis ist dann die weitere Vorgehensweise festzulegen.

Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit die aus der bisherigen Bearbeitung vorliegenden Unterlagen (insbesondere Karten und Pläne) entsprechend dem aktuellen Informations- und Erkenntnisstand zu ändern, zu ergänzen oder zu vereinheitlichen sind. Im Einzelfall kann sich beispielsweise ein erhöhter Aufwand durch die Erarbeitung notwendiger Detailkarten mit geeignetem Maßstab sowie eine Vermessung von Teilbereichen bzw. eine komplexe (rechnergestützte) Verknüpfung von Daten ergeben.

# 6 Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten

## 6.1 Festlegung von Sanierungszonen

In einem ersten Schritt ist auf der Grundlage der Ergebnisse der Grundlagenermittlung zu prüfen, inwieweit eine Aufteilung der Altlast in einzelne Sanierungszonen notwendig ist und wie diese vorgenommen werden kann. Die Prüfung erfolgt unter Beachtung der im Rahmen der Grundlagenermittlung erhobenen Daten.

Mögliche **Gründe für die Aufteilung** in verschiedene Sanierungszonen können u. a. sein:

- räumlich eingrenzbar bzw. unabhängig voneinander bestehende Schadherde,
- unterschiedliche vorläufige Sanierungsziele (-werte) für unterschiedlich genutzte bzw. zu nutzende Teilbereiche in Abhängigkeit von den betroffenen Wirkungspfaden und Schutzgütern,
- unterschiedlich kontaminierte Kompartimente,
- unterschiedliche laterale und vertikale Kontaminationserstreckung,
- unterschiedlicher Aggregatzustand der Schadstoffe (Bsp. Phase und gelöste Schadstoffe),
- unterschiedliche Schadstoffinventare, -verteilungen, -konzentrationen, -zusammensetzungen und -mobilitäten, Bindungsart der Schadstoffe,
- unterschiedliche Bodeneigenschaften (z. B. hydraulische Durchlässigkeit),
- vorherrschendes Redoxmilieu im Grundwasser,
- unterschiedliche Zugänglichkeit (z. B. bebaut / unbebaut / Schutzgebiete / Flurstücksgrenzen) und
- Investitionsvorhaben.

Die Notwendigkeit der Aufteilung in einzelne Sanierungszonen ist vom Gutachter zu begründen und deren räumliche Gliederung ist mit dem Auftraggeber sowie mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Für die Sanierungszonen sind die jeweils relevanten Flächen anzugeben und in einem Lageplan (ggf. mit Profilschnitten) darzustellen. Die Flächenaufteilung hat in dieser Phase vorläufigen Charakter, da sich u.U. durch die Entwicklung der Sanierungsszenarien sowie durch das endgültige Sanierungskonzept Änderungen ergeben können. Eine Änderung der Sanierungszonen ist zu begründen.

**Bei einer Aufteilung der Altlast in Sanierungszonen sind die nachfolgenden Arbeitsschritte getrennt für die einzelnen Sanierungszonen durchzuführen!**

## 6.2 Vorauswahl von Verfahren

### 6.2.1 Maßnahmen zur Sanierung

Entsprechend BBodSchG § 2 (7) werden unter Sanierungsmaßnahmen folgende Maßnahmen subsummiert:

- a.) Dekontaminationsmaßnahmen und
- b.) Sicherungsmaßnahmen.

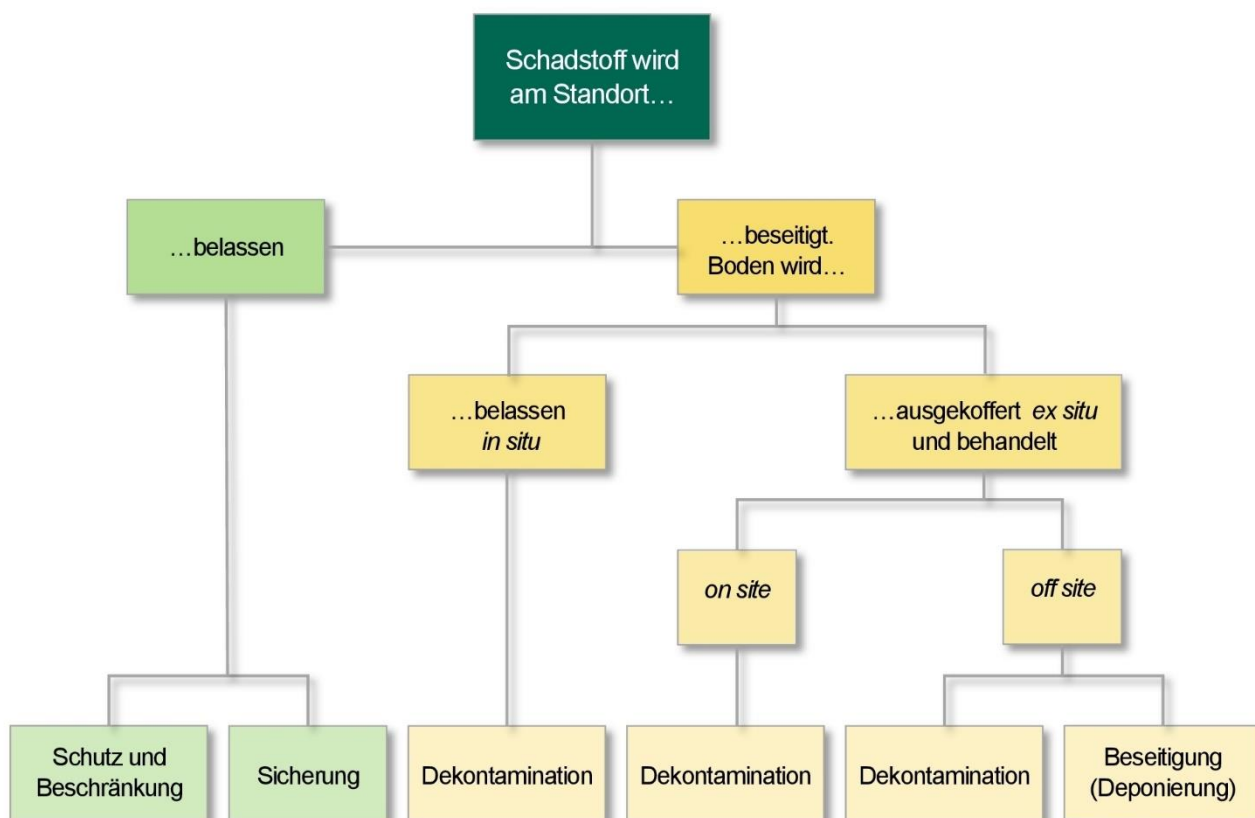
Ist weder die Anwendung der Dekontamination noch der Sicherung möglich oder unzumutbar, sind zu ergreifen:

- c.) Schutzmaßnahmen oder



d.) Beschränkungsmaßnahmen

Die generelle Einteilung möglicher Maßnahmen ist zusammenfassend in **Abbildung 5** dargestellt.



**Abbildung 5: Generelle Einteilung möglicher Maßnahmen**

Bezüglich des Einsatzortes der Sanierungsverfahren für den Boden (Quellensanierung) unterscheidet man:

**In-situ-Verfahren.** Der Boden wird nicht ausgekoffert und verbleibt im Untergrund. Die Schadstoffe werden in der ungesättigten bzw. gesättigten Bodenzone zerstört, immobilisiert oder abgebaut. Zu den *In-situ*-Verfahren zählen insbesondere die biologischen und chemischen Verfahren sowie pneumatische Techniken zur Dekontamination.

■ **Ex-situ-Verfahren.** Bei dieser Gruppe wird der Boden ausgekoffert und außerhalb der Bodenmatrix behandelt. Bezüglich der Wirkung zur Gefahrenbeseitigung sind alle Ex-situ-Verfahren gleichwertig, da der Schadherd beseitigt wird. Zu dieser Kategorie gehört neben den Dekontaminationsverfahren auch die Umlagerung von kontaminiertem Boden auf einer Sanierungsfläche (vgl. § 13 (5) BBodSchG) sowie die Deponierung.

Bezüglich des Behandlungsortes der Verfahren zur Dekontamination wird unterschieden zwischen:

■ **Off-site-Verfahren:** Der kontaminierte Boden wird zur Anlage gefahren, so dass stets ein Transportaufwand entsteht. Die Auffüllung der entstandenen Baugrube erfolgt (wenn dies nicht durch Baumaßnahmen sich erübrigt) durch standorteigenes (behandeltes) oder -fremdes Material. Optional kann auch der behandelte Boden, sofern er die hierfür erforderlichen Kriterien erfüllt, wieder eingebaut werden. Dies hat zur Folge, dass die Baugrube längere Zeit offensteht.

■ **On-site-Verfahren:** Die Anlage zur Behandlung des kontaminierten Bodens wird zur Altlast transportiert. Der Boden wird am Ort gereinigt und anschließend i.d.R. wieder eingebaut.

Beim Grundwasser unterscheidet man ebenfalls zwischen *In-situ*- und *Ex-situ*-Verfahren. Zu den *Ex-situ*-Verfahren würde beispielsweise Pump-and-Treat zählen.

Unter **Dekontaminationsverfahren (a)** werden Techniken zur Beseitigung der Schadstoffe im Boden, der Bodenluft sowie im Grundwasser verstanden. Sie beseitigen den Schadherd und die daraus resultierenden Gefahren dauerhaft.

**Sicherungsverfahren (b)** dienen der Verhinderung der Schadstoffemissionen aus der Altlast. In Abhängigkeit von den betroffenen Schutzgütern unterscheidet man

- Bauliche Maßnahmen im Bodenbereich des Umfeldes der Altlast bzw. an deren Oberfläche. Diese führen zur Abdeckung oder Abdichtung der Altlast, so dass
  - feste Emissionen in Form von Staub nicht entstehen können (Abdeckung),
  - flüssige Emissionen nicht aus der Altlast austreten können (vertikale Abdichtungen) bzw. Wasser nicht in die Altlast eintreten kann und Schadstoffe eluiert werden (Oberflächenabdichtungen).
- Hydraulische passive Maßnahmen im Grundwasser
  - Durch die gezielte Beeinflussung der Fließrichtung und -menge im Bereich der Altlast wird eine direkte Kontamination des Grundwassers z. B. durch eine Sperre mittels einer Brunnengalerie verhindert.

**Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (c und d)** sind anzuwenden, wenn Dekontaminations- und Sicherungsverfahren nicht durchführbar oder unverhältnismäßig sind. Optional können sie auch sinnvolle Ergänzungen der Dekontaminations- und Sicherungsverfahren sein. Im Gegensatz zu Sanierungsmaßnahmen, welche direkt auf den Schadherd bzw. die von diesem ausgehenden Emissionen wirken, beziehen sich Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen direkt auf die Schutzgüter. In Abhängigkeit von deren Betroffenheit sind sie auf die direkte Nutzung der kontaminierten Fläche bzw. auf deren Umfeld gerichtet. Beispielsweise können Nutzungseinschränkungen im Rahmen der zulässigen planungsrechtlichen Nutzung ausgesprochen werden. Alle Maßnahmen zur Absicherung des Zutritts von Menschen und Tieren zur Altlast fallen in diese Kategorie.

## 6.2.2 Auswahlkriterien und Randbedingungen

In einem ersten Schritt sind zunächst sämtliche grundsätzlich geeignete Sanierungsverfahren auszuwählen. Kriterien zur Auswahl sind:

- Erfüllung der vorläufigen Sanierungsziele (Wirksamkeit im Hinblick auf das Sanierungsziel),
- schadstoff-, boden-, material- und standortspezifische Eignung,
- wirkungspfadspezifische Eignung,
- technische Durchführbarkeit (Eignung als eigenständiges Verfahren / eigenständige Technologie oder Eignung als Technik- / Verfahrenskombination) sowie
- Eignung unter Berücksichtigung der Standortnutzung.

Finanzielle und wirtschaftliche Aspekte wie auch die Dauer des Sanierungsverfahrens sollten bei der Erstauswahl kein Beurteilungskriterium darstellen. Zu den standortspezifischen Randbedingungen zählen u.a. auch zeitliche Aspekte der Bearbeitung oder Akzeptanz des Verfahrens in der Öffentlichkeit. Solche Randbedingungen sind verbal zu beschreiben.

## 6.2.3 Auswahlverfahren

Auf Basis der im Ergebnis der Detailuntersuchung mit den zum konzeptionellen Standortmodell vorliegenden Daten und Kenntnissen sowie mit den vorläufigen Sanierungszielen muss die Auswahl geeigneter Sanierungsvarianten möglich sein. Ein Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, zunächst in einer strukturiert nachvollziehbaren Wertung solche Verfahren auszuschließen, die für den jeweiligen Standort ungeeignet sind. Im Ergebnis sind Sanierungsverfahren, welche prinzipiell unter den gegebenen Standortbedingungen

technisch geeignet sind und die die festgelegten vorläufigen Sanierungsziele erreichen können (Vorauswahl), zu ermitteln. **Werden die Kriterien entsprechend 6.2.2 nicht eingehalten, so führt dies zum Ausschluss des Verfahrens.**

Die vorausgewählten Verfahren sind detailliert vergleichbar zu beschreiben. Bei der Vorauswahl können orientierend Eignungsmatrizen, wie in Abbildung 6 gezeigt, verwendet werden. Es wird jedoch dringend empfohlen, über die tabellarischen Darstellungen hinaus eine einzelfallspezifische Entscheidung, welche sämtliche Standortcharakteristika enthält, zu treffen.

Es ist dabei zu beachten, dass:

- in den letzten Jahren verschiedene Sanierungsverfahren entwickelt und bestehende Verfahren technologisch weiterentwickelt wurden.
- eine positive Eignungsaussage nicht zwangsläufig die Erreichbarkeit der geforderten Sanierungsziele gewährleistet.

Es ist zu beachten, dass unter Umständen erst durch die Kombination von verschiedenen Sanierungsverfahren geeignete Sanierungsmöglichkeiten gefunden werden können.

lfd. Nr.	Eignungskriterium	Sicherungsverfahren					Dekontaminationsverfahren													
		pneumatische Sicherung	hydraulische Sicherung <sup>1</sup>	Oberflächensicherung <sup>2</sup>	vertikale Sicherung	Immobilisierung	Ex-situ						In-situ							
							Bodenaushub mit Deponierung	biologische Verfahren <sup>3</sup>	chemische Verfahren <sup>3</sup>	thermische Verf.	pneumatische Verf.	hydraulische Verf.	physikalische Verf. <sup>3</sup>	biologische Verfahren	chemische Verfahren	thermische Verf.	pneumatische Verf.	hydraulische Verf.		
1.	<b>Erfüllung der vorläufigen Sanierungsziele</b>																			
2.	<b>Standorteignung</b>																			
2.1.	Schadstoffspezifische Eignung																			
2.2.	Bodenspezifische Eignung																			
2.3.	Materialspezifische Eignung																			
2.4.	Standortspezifische Eignung																			
3.	<b>Wirkungspfadspezifische Eignung</b>																			
3.1.	Boden - Mensch																			
3.2.	Boden- Nutzpflanze																			
3.3.	Boden - Grundwasser (Oberflächenwasser)																			
4.	<b>Technische Durchführbarkeit</b>																			
4.1.	Eignung als eigenständiges Verfahren / Technologie																			
4.2.	Eignung als Technik- / Verfahrenskombination																			
5.	<b>Eignung unter Berücksichtigung der Standortnutzung</b>																			

<sup>1</sup> nur in der gesättigte Zone  
<sup>2</sup> nur in der ungesättigten Zone  
<sup>3</sup> On- und Off-Site, Aufbereitungsverfahren  
+ **geeignet**  
O **bedingt geeignet**  
- **nicht geeignet**

**Abbildung 6: Orientierende Eignungsmatrix für altlastenrelevante Schadstoffe**

Die am Standort als geeignet eingestuften Sanierungsverfahren sind aufzulisten, kurz zu beschreiben (Verfahrensprinzip, Wirksamkeit, Entwicklungsstand) und hinsichtlich der standortspezifischen Eignung mit den

jeweiligen Vor- und Nachteilen sowie dem Zeitbedarf zu erläutern. Der Einfluss der vorhandenen veränderbaren Bebauung ist dabei zu berücksichtigen. Die Vorauswahl der grundsätzlich geeigneten Sanierungsverfahren ist auch auf die festgelegte planungsrechtlich zulässige und nicht auf die aktuell vorhandene Standortnutzung auszurichten. Gleiches gilt für die Kompatibilität der Sanierungsvariante mit einem geplanten Baukonzept. Werden Sanierungsverfahren trotz bekannter Einschränkungen als geeignet eingestuft, bzw. werden offensichtlich geeignete Sanierungstechniken/-verfahren vorzeitig ausgeschlossen, ist dies nachvollziehbar zu erläutern. Ergeben sich bei der Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren Unsicherheiten im Hinblick auf Anwendbarkeit und Wirksamkeit, so kann die Durchführung von standortspezifischen Eignungsuntersuchungen sinnvoll sein.

Ein Ausschluss von Verfahren aus Gründen von Terminvorgaben, Platzbedarf oder Verfügbarkeit der Verfahren sollte bei der Vorauswahl nicht erfolgen, da sich bis zur späteren Ausschreibung Änderungen ergeben, die derartige Einschränkungen möglicherweise obsolet machen.

Können keine geeigneten Sanierungsverfahren ermittelt werden, so sind neue Festlegungen der Vorgaben (vorläufige Sanierungsziele, geplante Nutzung) sowie vor allem die Betrachtung von Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich.

Für alle grundsätzlich geeigneten Sanierungsverfahren ist bei der Erarbeitung von Sanierungsszenarien in Kapitel 8.1 die Umsetzbarkeit und Eignung unter standortspezifischen Verhältnissen zu prüfen. Die bei der Vorauswahl ausgeschiedenen Verfahren werden bei der Erarbeitung von Sanierungsszenarien nicht mehr berücksichtigt.

## 6.3 Kenntnisdefizite (Defizitanalyse)

Für die im Ergebnis des Auswahlverfahrens verbliebenen grundsätzlich geeigneten Sanierungsverfahren ist im Abgleich mit den vorliegenden Kenntnissen zu prüfen, ob für die weitere Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung in der Bearbeitungsstufe „Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten“ alle relevanten Planungskennzahlen und sonstigen Informationen in qualitativ und quantitativ belastbarer Form vorliegen.

Festgestellte Defizite für die einzelnen Verfahren sind begründet herauszuarbeiten, wobei zu differenzieren ist, ob und mit welchem Aufwand die Daten erhoben werden können oder ob mit in der Fachliteratur häufig verwendeten Annahmen gearbeitet werden kann.

Für die meisten Sanierungsverfahren empfiehlt es sich jedoch, (Labor- und) Pilotversuche zur Ermittlung verfahrensspezifischer standortabhängiger Parameter für die weitere Verfahrensbewertung durchzuführen. Die Vorversuche sollen bestehende Unsicherheiten in einem vertretbaren Maße beseitigen. Zeit- und kostenintensive Vorversuche sind nur dann ratsam, wenn die daraus resultierenden Erkenntnisse wesentlichen Einfluss auf die Erarbeitung der standortspezifischen Sanierungsszenarien haben. Es ist deshalb herauszuarbeiten bzw. abzuschätzen, in welchem Umfang die Beseitigung der Defizite die Entscheidung zur Eignung des Verfahrens beeinflussen / verändern können.

Es sind folglich:

- die Notwendigkeit und Ziele von Vorversuchen oder die Erhebung ergänzender Daten zu begründen,
- der inhaltliche Umfang des Vorversuches, das begleitende Untersuchungsprogramm sowie die Qualitätssicherung vorzugeben,
- der Versuchsmaßstab (Labor oder Technikum) anzugeben,
- eine Priorisierung der Vorversuche vorzunehmen sowie
- der erforderliche Zeit- und Kostenaufwand aufzuzeigen.

Die erforderlichen Vorversuche sind grundsätzlich mit dem Auftraggeber und der zuständigen Ordnungsbehörde abzustimmen und zu begründen. Es ist Aufgabe des Gutachters, alle erforderlichen Recherchen durchzuführen, die ggf. kosten- und zeitintensive Vorversuche entbehrlich machen können.

Die ergänzenden Feld-, Labor- und sonstigen Untersuchungen sind auf die im Rahmen der Gefährdungsabschätzung / sonstigen Erkundungen durchgeführten Untersuchungen abzustimmen, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Probenahme, Probenbehandlung / -transport, Aufbewahrung von Rückstellproben und Qualitätssicherung sind einheitlich entsprechend der geltenden Normen durchzuführen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Die erforderlichen ergänzenden Untersuchungen sind vom Gutachter in einem Untersuchungsprogramm zusammenzustellen, zu begründen und mit dem Auftraggeber einvernehmlich abzustimmen.

## **6.4 Dokumentation (1. Zwischenbericht)**

Die Ergebnisse der Bearbeitungsetappe I - Grundlagenermittlung / Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten mit den Arbeitsschritten 1 (Grundlagenermittlung / Bestandsaufnahme – Kapitel 5) und 2 (Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten entsprechend Anhang 3 BBodSchV – Kapitel 6) sind mit den Ergebnissen aus Kapitel 4 (zusammenfassend) fachgerecht in einem 1. Zwischenbericht entsprechend der in der Anlage beigefügten Mustergliederung zu dokumentieren. Der Bericht ist in fachgerechter analoger und digitaler Form zu erarbeiten.

Die nachfolgenden Arbeitsschritte sind zu planen und das weitere Bearbeitungskonzept zu konkretisieren. Wird dabei die Notwendigkeit verfahrensbezogener Standortuntersuchungen herausgestellt, so ist das Untersuchungsprogramm schriftlich darzustellen und zu begründen (vgl. Mustergliederung). Für die aufgeführten Untersuchungen sowie deren erforderliche gutachterliche Begleitung sind die zu erwartenden Kosten zu schätzen.

Die Plandarstellungen, Schnitte, Profilbilder, Prinzipdarstellungen, Textanlagen und Weitere müssen geeignet sein, die gutachterlichen Ausführungen im Text nachvollziehbar zu stützen.

Die vorhandenen Informationsdefizite und getroffenen Annahmen wie auch die mit den Beteiligten getroffenen Vereinbarungen sind zu dokumentieren.

# 7 Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen

## 7.1 Durchführung der Untersuchungen

Das Erfordernis zur Durchführung verfahrensbezogener Standortuntersuchungen ergibt sich aus den im Zuge der Grundlagenermittlung und der Auswahl geeigneter Sanierungsvarianten (Arbeitsschritt 1 und 2 der Bearbeitungsstufe I der Sanierungsuntersuchung) festgestellten verfahrensbezogenen Kenntnisdefiziten (vgl. Kapitel 5.4 und 6.3.) Sie dienen im Wesentlichen der Verifizierung von Annahmen der Verfahrensvorauswahl sowie der Erhebung verfahrensspezifischer standortabhängiger Parameter für die Verfahrensauslegung (Sanierungsdesign) und damit verbunden der Verfahrensbewertung. Bestehende einzelne Defizite zur Verifizierung des Kontaminationskörpers und damit verbunden des Sanierungsumfangs sowie der in Abhängigkeit dessen bestehenden Kosten sind ebenfalls in Rahmen solcher Untersuchungen zu realisieren (Abgrenzungsuntersuchungen).

Beispielhaft sind nachfolgend in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Vorauswahl wesentliche verfahrensspezifische Untersuchungen aufgeführt, die relevant sein können und durchgeführt werden sollten:

- biologische Untersuchungen zum Abbau (Nachweis des Vorkommens abbauspezifischer Bakterien und deren Wirksamkeit),
- chemische Untersuchungen zur Mobilisierung und zum Abbau (Nachweis der prinzipiellen Verfahrenseignung und Wirksamkeit, Auswahl geeigneter Mobilisierungs- oder Oxidationsmittel, Bestimmung des Einflusses von Störstoffen),
- physikalische Versuche (z.B. thermische Verfahren),
- Immobilisierungs-/Stabilisierungsversuche,
- Baugrunduntersuchungen,
- Reichweitenbestimmungen bei Injektionsverfahren und hydraulischen sowie pneumatischen Verfahren,
- Untersuchungen zu Aufbereitungstechnologien,
- Untersuchungen zur Verwertung / Beseitigung,
- Pumpversuche.

Gerade im Fall von inhomogenen Untergrundverhältnissen und komplexen Schadstoffgemischen sind solche Verfahrensuntersuchungen durchzuführen, da die Ergebnisse in vielen Fällen entscheidenden Einfluss auf die Bewertung des Verfahrens haben (Eignung, grundsätzliche Wirksamkeit, Wirksamkeit bei komplexen Schadstoffgemischen).

Im 1. Zwischenbericht (vgl. Punkt 6.4) wurde eine gutachterliche Konzeption zur Behebung der verfahrensbedingten Kenntnisdefizite aufgestellt und begründet sowie ggf. seitens der Ordnungsbehörde angepasst. Die dabei vorgenommene Priorisierung ist hinsichtlich der Umsetzung zwingend einzuhalten. Sie kann finanztechnische, zeitliche oder organisatorische Aspekte umfassen oder eine Reihenfolge der zu gewinnenden Daten darstellen, deren Erhebung und ggf. erforderliche Zwischenauswertung aufeinander aufbauen.

Die Ingenieurleistungen der Standortuntersuchungen werden entweder vom Gutachter der Sanierungsuntersuchung selbst oder weiteren gewerblichen Unternehmen erbracht. Aufgrund der verfahrensbezogenen Spezifik ist oftmals die Einbindung / Bindung von Fachfirmen zur Ausführung der

technischen Leistungen erforderlich. Hierzu sind aussagekräftige Ausschreibungsunterlagen durch den Gutachter zu erstellen und es ist der Auftraggeber/Verpflichteten zur Sanierungsuntersuchung bei der Ausschreibung zu unterstützen.

Entsprechende Genehmigungen und Erlaubnisse wie z. B. Bohrgenehmigungen, Schachtscheine, wasserrechtliche Erlaubnisse zur Entnahme oder zum Einbringen von Stoffen sind im Vorfeld bei den zuständigen Stellen einzuholen.

Die Arbeiten sind entsprechend dem Stand der Technik und unter Berücksichtigung der geltenden Normen sowie gesetzlichen und berufsgenossenschaftlichen Bestimmungen, den Unfallverhütungsvorschriften, der Arbeitsstättenverordnung, sonstigen behördlichen Vorschriften sowie einschlägigen fachlichen Richtlinien, Vorschriften und Empfehlungen durchzuführen.

Bei Laborversuchen ist darauf zu achten, dass diese die Standortverhältnisse widerspiegeln. Das betrifft z. B. die Verwendung von repräsentativen Boden- und Wasserproben bzw. die Durchführung unter vergleichbaren Milieuverhältnissen (aerobe / anaerobe Bedingungen).

Durch den Gutachter sind im Zusammenhang mit der Durchführung von gewerblichen Leistungen im Rahmen der Sanierungsuntersuchungen u.a. die folgenden Tätigkeiten zu erbringen:

- Vorbereitung der Arbeiten (Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe, Einholen von Genehmigungen, Aufstellen von Arbeits- und Sicherheitsplänen, Erarbeitung von Entsorgungskonzeptionen),
- Organisation und Überwachung sämtlicher Eigen- und Fremdleistungen (z. B. Einsatz und Gebrauch ordnungsmäßiger Gerätschaften, Berücksichtigung der rechtlichen bzw. örtlichen Vorgaben, Überwachung der Arbeiten, Vermeidung von Umweltbelastungen),
- Dokumentation besonderer Vorkommnisse (Führen eines Bautagebuches),
- Information und Beratung des Auftraggebers soweit die Sachlage dies erfordert (z. B. zusätzlich vorgefundene Kontaminationsbereiche oder Schadstoffe),
- Änderung des Untersuchungsprogramms oder der Reihenfolge der Arbeiten aufgrund neuer Ergebnisse und besonderer Vorkommnisse ggf. nach Absprache mit dem Auftraggeber und der zuständigen Ordnungsbehörde,
- Abnahme der Leistungen von gewerblichen Unternehmern im Rahmen der Standortuntersuchungen sowie deren Rechnungsprüfung und Kostenkontrolle.

Bei langlaufenden Standortuntersuchungen (z. B. Pilotversuche, Pumpversuche) ist ein stufenweises Vorgehen mit Zwischenauswertungen / -informationen zur Optimierung / Anpassung der Versuche zu realisieren.

## **7.2 Bewertung der Untersuchungsergebnisse**

Die fachliche Beurteilung der verfahrensspezifischen Untersuchungen hat unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlich-technischer Grundlagen sowie der jeweils aktuellen rechtlichen und normativen Vorgaben zu erfolgen. Die Ergebnisse sind neben der rein fachlich-technischen Dokumentation bezüglich der zugrundeliegenden Kenntnisdefizite zu bewerten. Unter Berücksichtigung der neu gewonnenen Daten ist nachvollziehbar herauszuarbeiten, ob die Zielstellung der Verfahrensuntersuchungen erfüllt wurde bzw. welche Kenntnisdefizite weiterhin bestehen. Dies betrifft in erster Linie die Prüfung und Verifizierung der bisher als geeignet ausgewiesenen Verfahren.

Bei deutlich abweichenden oder neuen Daten im Vergleich zu den Ergebnissen aus der Bearbeitungsetappe I (Grundlagenermittlung / Auswahl geeigneter Sanierungsvarianten) ist das vorhandene konzeptionelle Standortmodell und damit verbunden die Gefährdungsabschätzung zu prüfen und ggf. zu aktualisieren.

Die Ergebnisse sind umgehend der zuständigen Ordnungsbehörde vorzulegen. Diese entscheidet in Abhängigkeit von der Relevanz

- in welchem Umfang die Sanierungsuntersuchung unter den neuen Randbedingungen – ggf. einschließlich behördlicherseits modifizierter Sanierungsziele – fortgeführt werden kann oder
- ob die Sanierungsuntersuchung – ggf. örtlich begrenzt – abgebrochen und die Kenntnisdefizite erst hinsichtlich einer Anpassung der Gefahrenbewertung (DU) beseitigt werden müssen.

Weitere verfahrensspezifische Untersuchungen sind zu begründen und mit dem Auftraggeber/Verpflichteten abzustimmen.

Konnten die verfahrensspezifischen Kenntnisdefizite weitestgehend beseitigt werden, sodass keine weiteren technisch-laborativen Untersuchungen oder sonstigen Erhebungen erforderlich sind, sollte durch die abschließende Bewertung:

- die Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien (Arbeitsschritt 4, Bearbeitungsetappe III der Sanierungsuntersuchung) und darauf aufbauend
- die Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich der Abschätzung der Sanierungsdauer (Arbeitsschritt 5, Bearbeitungsetappe III der Sanierungsuntersuchung)

und somit insgesamt die Bearbeitung der Bearbeitungsetappe III der Sanierungsuntersuchung - Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten erfolgen.

Die Auswertung ist nach Vorlage der Dokumentation zwischen allen Beteiligten zu diskutieren, um eindeutige Vorgaben für die weitere Bearbeitung festzulegen. Getroffene Vereinbarungen sind schriftlich festzuhalten.

## 7.3 Dokumentation (2. Zwischenbericht)

In einem 2. Zwischenbericht werden die Ergebnisse der Bearbeitungsetappe II - Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen (Arbeitsschritt 3) fachgerecht dokumentiert (vgl. Mustergliederung in der Anlage). Bei komplexen Fragestellungen kann ein gestuftes Vorgehen mit weiteren Zwischendokumentationen mit den fachlich Beteiligten vereinbart werden. Die Plandarstellungen, Schnitte, Profilbilder, Prinzipdarstellungen, Textanlagen und weitere Dokumente müssen geeignet sein, die gutachterlichen Ausführungen im Text nachvollziehbar zu stützen. Der jeweilige Bericht ist in fachgerechter analoger und digitaler Form zu erarbeiten.



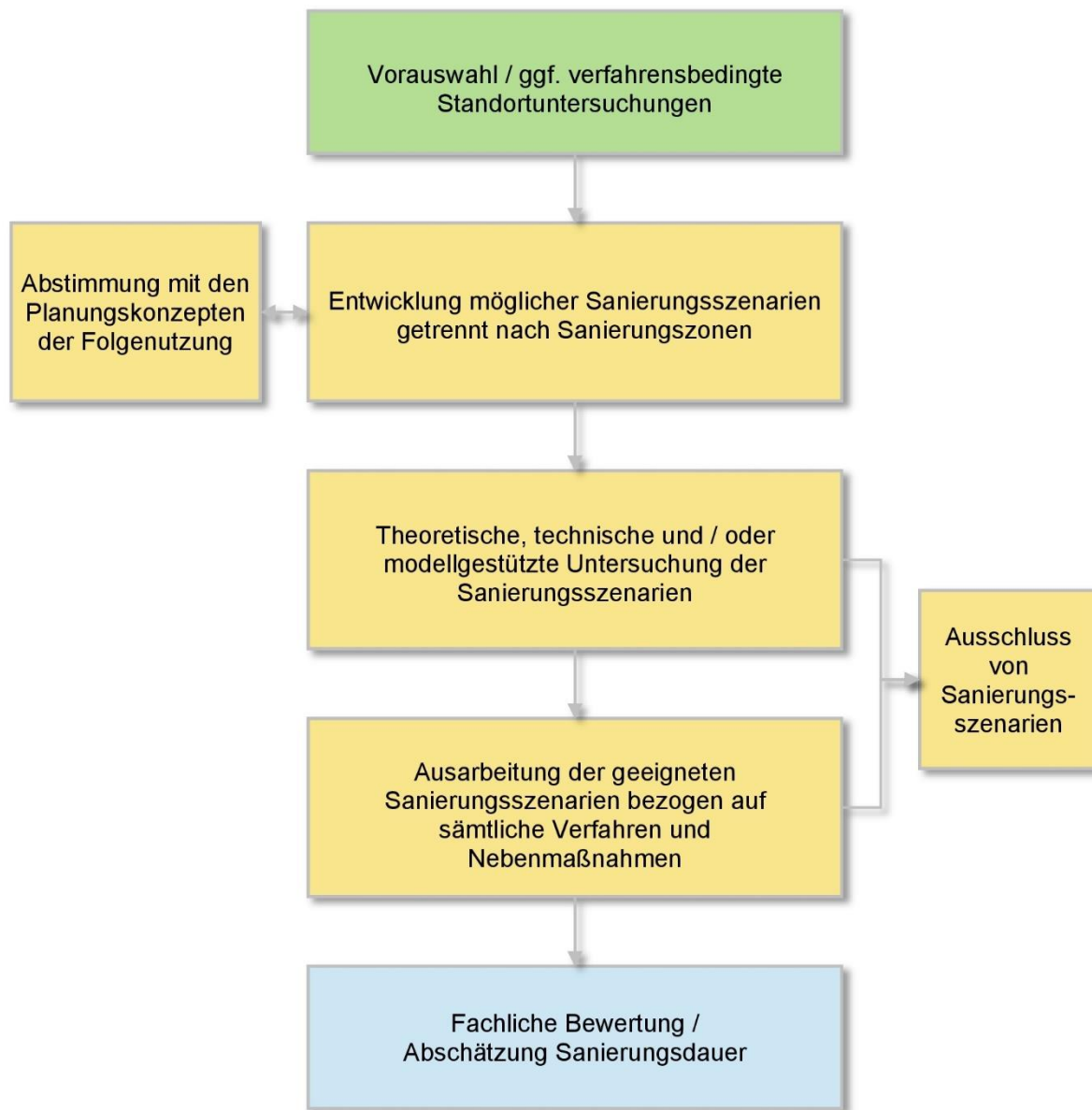
# 8 Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten

## 8.1 Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Grundlagenermittlung (Kapitel 5), der verfügbaren und geeigneten Sanierungstechniken/-verfahren bzw. deren Kombinationen (Kapitel 6) sowie den verfahrensbedingten Standortuntersuchungen (Kapitel 7) sind Sanierungsszenarien zu erarbeiten, die

- realisierbar,
- grundsätzlich genehmigungsfähig sowie
- ausschreibungsfähig sind.

Die Übersicht in **Abbildung 7** veranschaulicht den grundsätzlichen Ablauf zur Erarbeitung von standortspezifischen Sanierungsszenarien:



**Abbildung 7: Bearbeitungsablauf zur Erarbeitung von standortspezifischen Sanierungsszenarien**

Ein Sanierungsszenario beschreibt für die Altlast bzw. für die einzelne Sanierungszone eine Möglichkeit zur Durchführung der Sanierung bezogen auf ein geeignetes Verfahren bzw. eine Verfahrenskombination einschließlich sämtlicher vorbereitender, begleitender und nachfolgender Leistungen unter Berücksichtigung aller betroffenen Schutzgüter sowie der relevanten Standortverhältnisse.

Jedes Szenario muss die vorläufigen Sanierungsziele erfüllen können, grundsätzlich genehmigungs- und ausschreibungsfähig sowie bau- bzw. verfahrenstechnisch durchführbar sein.

Bei der Ausarbeitung der einzelnen Sanierungsszenarien ist insbesondere auf eine Vergleichbarkeit der Szenarien zu achten. Dies ist dann erfüllt, wenn jedes Szenario unter Zugrundelegung der gleichen Anforderungen beschrieben wird.

Wurde der Standort in mehrere Sanierungszonen aufgeteilt, so sind die Szenarien getrennt nach Sanierungszonen zu erarbeiten. Dabei ist auf eine sanierungstechnische bzw. logistische Optimierung der Gesamtsanierung sowie (da die Verfahren einander beeinflussen) auf das zielorientierte Zusammenspiel der Sanierungsverfahren zu achten ist. Für jede Sanierungszone sollten mehrere Szenarien erarbeitet werden. Die erarbeiteten Szenarien sind zu begründen und der modulare Aufbau zu skizzieren. Sollte sich auf Grund

der Standortverhältnisse sowie verfahrensbedingter bzw. sonstiger Randbedingungen (z. B. Nutzung, verfügbare Sanierungszeit) nur ein Sanierungsverfahren als umsetzbar erweisen, so ist dessen Auswahl im Besonderen zu begründen. Die jeweiligen Planungskonzepte für die Folgenutzung sind zwingend zu berücksichtigen. Folgende Anforderungen sind in Übereinstimmung mit BBodSchV Anhang 3 bei der Ausarbeitung der Sanierungsszenarien mindestens zu berücksichtigen:

- technische Durchführbarkeit der Sanierung,
- erforderlicher Zeitaufwand bis zum Sanierungsbeginn und für die Durchführung,
- Umfang des Arbeits- und Emissionsschutzes,
- Wirkungsdauer der Maßnahmen und Überwachungsmöglichkeiten,
- Beachtung der Notwendigkeit von Zulassungen und Klärung der grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit,
- Entstehung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen,
- Erfordernisse und zeitlicher/inhaltlicher Umfang der Nachsorge,
- Nachbesserungsmöglichkeiten sowie
- Risiken / Kenntnisdefizite.

Es können sich standortspezifisch und/oder verfahrenstechnisch weitere Anforderungen ergeben, welche ergänzend auszuwählen und zu berücksichtigen sind (vgl. Checkliste in der Anlage 5).

Die im Arbeitsschritt 2 (Kapitel 6) als grundsätzlich geeignet ausgewählten Sanierungsverfahren bzw. deren Kombinationen sind ausführlich, unter Berücksichtigung sämtlicher erforderlicher Nebenmaßnahmen auszuarbeiten. Es sind die Vor- und Nachteile der jeweiligen Ausführungsvarianten zu erläutern. Das betrifft zum Beispiel die Verbauarten und Aushubtiefen beim Bodenaushub, den Aufwand für den Arbeitsschutz oder den Einsatz unterschiedlicher Reagenzien bei *In-situ*-Sanierungen. Der Gutachter hat vorzuschlagen, welche Variante im Rahmen des Sanierungsszenarios zur Anwendung kommen soll.

Für jedes Sanierungsszenario sind weiterhin die wesentlichen Auswirkungen auf den Menschen (Beschäftigte, Anwohner), die Umwelt und die Nutzungen (auf der Altlast und in der Nachbarschaft) sowie mögliche Maßnahmen zu deren Vermeidung oder Verminderung darzustellen. Die Richtlinien der Berufsgenossenschaften sowie weitere Vorgaben zum Gesundheits- und Arbeitsschutz für die Beschäftigten und Anwohner durch geeignete organisatorische und technische Schutzmaßnahmen (z. B. Minimierung der Emissionen und Transportvorgänge) sind zu beachten.

Die zu behandelnden Medien (Fläche, Masse, Durchsatz, Fracht etc.) sowie die einzusetzenden technischen Geräte, Anlagen und Materialien sind so zu ermitteln, dass im Arbeitsschritt 6 (Kapitel 8.3) eine nachvollziehbare Kostenschätzung erarbeitet werden kann. Auch die zeitliche Abfolge der jeweiligen Einzelschritte eines Szenarios sowie die gesamte Sanierungsdauer sind abzuschätzen. Ist die Umsetzung eines Sanierungsszenarios erst durch bautechnische Veränderungen vor Ort möglich (z. B. Rückbau von Gebäuden oder Anlagen, Neubau einer Straße bzw. Brücke, Anmietung von benachbarten Flächen) ist dies mit allen Vor- und Nachteilen darzustellen.

Zur Klärung der grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit des jeweiligen Szenarios sind Gespräche mit der jeweils zuständigen Behörde einzuplanen und durchzuführen und die Ergebnisse zu berücksichtigen.

Dem Stand der Technik entsprechend können sich zur korrekten Darstellung der jeweiligen Sanierungsszenarios gerade bei komplexen Altlasten rechner- und modellgestützte Arbeiten als notwendig und hilfreich erweisen. Unter Nutzung von Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodellen sind die Wirksamkeit und der Umfang sowie die Dauer von aktiven und passiven Verfahren zu prüfen und die

Ergebnisse in der Betrachtung nachvollziehbar zu berücksichtigen. Gleichfalls sind gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zur Grundwasserhaltung während der Sanierungsmaßnahme zu betrachten (Fördermenge, Beschaffenheit).

Die Sanierungsdauer spielt bei allen zu betrachtenden Verfahren, aber insbesondere bei *In-situ*-Verfahren für die Auswahl des standortspezifischen Sanierungsszenarios eine entscheidende Rolle. Sie beeinflusst direkt die Erreichbarkeit der Sanierungsziele, die Kosten und somit direkt die Verhältnismäßigkeit und den Erfolg einer Sanierung (Kapitel 8.2).

Auch Oberflächenabdichtungssysteme können bezüglich der erforderlichen standortkonkreten Dimensionierung modelliert werden, sodass die korrekten Daten in die Betrachtung einfließen können.

Die Sanierungsszenarien sind so auszuarbeiten, dass deren Bewertbarkeit im Sinne des Kapitels 8.2 möglich ist. Unsichere Daten und Informationsmängel sind auf ihre Relevanz bezogen auf die Durchführbarkeit der Sanierung und die Entscheidung für ein Sanierungsszenario kritisch zu prüfen und zu benennen.

## 8.2 Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich Abschätzung der Sanierungsdauer

### 8.2.1 Ziele und Ablauf der Fachlichen Bewertung

Bereits bei der Vorauswahl der grundsätzlich möglichen Sanierungsverfahren (Kapitel 6) erfolgte eine erste Prüfung auf die:

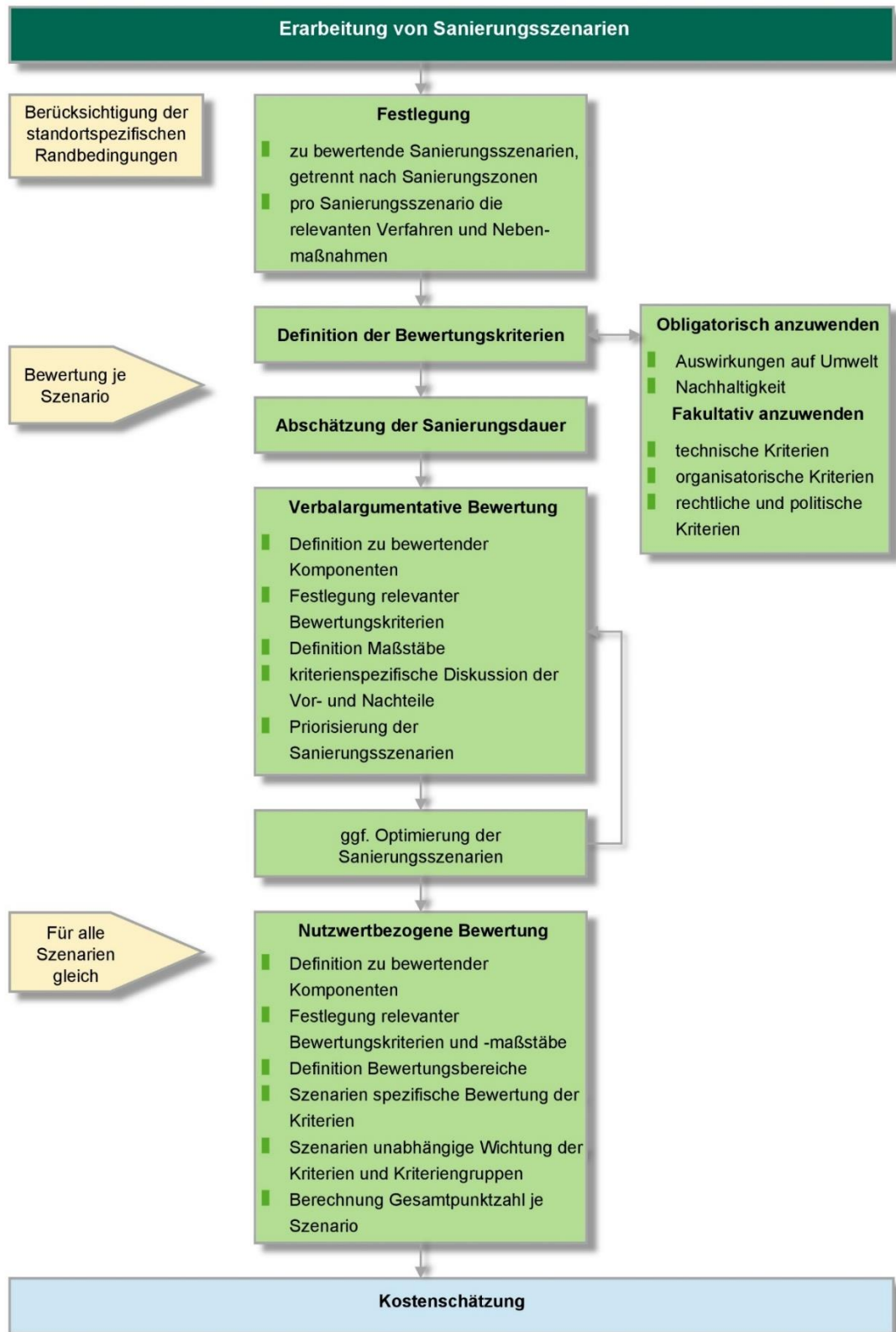
- Erfüllung der vorläufigen Sanierungsziele,
- schadstoff-, boden-, material- und standortspezifische Eignung,
- wirkungspfadspezifische Eignung,
- technische Durchführbarkeit (Eignung als eigenständiges Verfahren oder als Verfahrenskombination sowie
- Eignung unter Berücksichtigung der Standortnutzung.

Anschließend erfolgt die Entwicklung der Szenarien anhand der Festlegung und Prüfung verschiedener standortspezifischer Anforderungen sowie unter Berücksichtigung der bau- und verfahrenstechnischen Abwicklung (Kapitel 8.1). **Ziel der fachlichen Bewertung (Arbeitsschritt 5) ist es, anhand vergleichender Betrachtungen, Priorisierungen und Offenlegung der Vor- und Nachteile sämtlicher relevanter Komponenten der Sanierungsszenarien bezogen auf festgelegte Kriterien die optimalen Szenarien abzuleiten.** Die vom Gutachter durchgeführte Bewertung muss für den technisch versierten Fachmann und den nicht direkt an der Projektbearbeitung beteiligten Entscheidungsträger transparent und nachvollziehbar sein. **Grundvoraussetzung für die Fachliche Bewertung** ist, dass

- nur grundsätzlich vergleichbare Sanierungsszenarien verglichen werden,
- die Sanierungsszenarien bezogen auf die standortspezifischen Randbedingungen technisch durchführbar sind,
- die vorläufigen Sanierungsziele gewährleistet werden,
- die Sanierungsszenarien grundsätzlich ausschreibungsfähig sind,
- die Sanierungsszenarien grundsätzlich genehmigungsfähig sind,

- die Sanierungsszenarien von allen Beteiligten mitgetragen werden,
- die zur Bewertung notwendigen Daten / Informationen zum Standort, den Sanierungsverfahren sowie zum Standortumfeld in einem Umfang- bzw. Detaillierungsgrad vorliegen, dass eine qualifizierte Bewertung vorgenommen werden kann und
- auf Informationslücken bzw. -schwachstellen hingewiesen wird, die weder durch die ergänzenden Standortuntersuchungen noch durch die Vorversuche geschlossen werden konnten. Nur vernachlässigbare Entscheidungslücken, die auf der Bearbeitungsstufe der Sanierungsuntersuchung nicht geschlossen werden können, sind für den Entscheidungsprozess zulässig, wobei hierauf deutlich hinzuweisen ist.

In **Abbildung 8** ist der Bearbeitungsablauf der fachlichen Bewertung dargestellt. Im ersten Schritt sind die zu bewertenden Sanierungsszenarien bezogen auf die Altlast und getrennt nach Sanierungszonen aufzuführen. Anschließend ist festzulegen, welche Sanierungsverfahren sowie zugehörige Nebenmaßnahmen bewertungsrelevant sind. Auch die für eine standortbezogene Beurteilung notwendigen Randbedingungen und die für die Bewertung ausschlaggebenden Einflussfaktoren sind festzulegen und tabellarisch zusammenzustellen. Damit wird sichergestellt, dass alle bewertungsrelevanten Daten für die Bearbeitung und die spätere Überprüfung des Gutachtens in einer übersichtlichen Form zur Verfügung stehen.



**Abbildung 8: Bearbeitungsablauf der fachlichen Bewertung von Sanierungsszenarien**

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob durch die aufgeführten Bewertungskriterien (vgl. Kapitel 8.2.2) eine umfassende Beurteilung vorgenommen werden kann oder eine Ergänzung der Kriterienliste und eine Änderung des orientierend vorgeschlagenen Bewertungsablaufes erforderlich sind. Im Falle einer Erweiterung der Kriterienliste ist zu gewährleisten, dass sämtliche Bewertungskriterien unabhängig voneinander und quantifizierbar sind. Die Bewertung ist in der Regel zweistufig (1. Stufe: verbalargumentativ, 2. Stufe: nutzwertbezogen) durchzuführen. In Abhängigkeit von der Komplexität der Sanierungsmaßnahme ist vom Auftraggeber in Abstimmung mit der zuständigen Ordnungsbehörde zu entscheiden, ob eine solche

zweistufige Bewertung durchgeführt werden soll oder ob auf eine nutzwertbezogene Bewertung verzichtet werden kann. Beschränkt sich die Bewertung beispielsweise auf nur zwei mögliche Sanierungsszenarien, so kann unter Umständen auf eine nutzwertbezogene Bewertung verzichtet werden, da bei einer systematischen verbalargumentativen Bewertung durch den direkten Vergleich der Bewertungskriterien schon das geeignetere Szenario nachvollziehbar abgeleitet werden kann. Die nutzwertbezogene baut auf der verbalargumentativen Bewertung auf. Eine korrekte nutzwertbezogene Bewertung unter Wichtung und Bewertung der einzelnen Kriterien ist nur auf Basis der bereits erfolgten ausführlichen Ableitung der fachlichen Inhalte möglich.

## 8.2.2 Bewertungskriterien

Nachfolgend sind zu jeder Kriterien-Gruppe relevante und voneinander unabhängige Bewertungskriterien und Bewertungshilfen aufgeführt. Da die Bewertungskriterien standort- und verfahrensabhängig variieren können, haben sie orientierenden Charakter und sind den jeweiligen Anforderungen anzupassen. Die Sanierungsszenarien sind bezüglich folgender Kriterien-Gruppen zu bewerten:

- Auswirkungen auf die Umwelt (Kriterien-Gruppe 1),
- Nachhaltigkeit (Kriterien-Gruppe 2),
- Sonstige relevante Kriterien (Kriterien-Gruppe 3)

Die Kriterien der Gruppen 1 und 2 leiten sich direkt aus BBodSchG und der BBodSchV ab, sie sind daher zwingend anzuwenden. Die sonstigen relevanten Kriterien (Gruppe 3) sind basierend auf den Standortverhältnissen sowie den verfahrenstechnischen und sonstigen Randbedingungen hinzuzufügen. Zu Beginn der Bewertung sind für jede Gruppe die einzelnen Bewertungskriterien sowie die relevanten Bewertungshilfen übersichtlich (z. B. tabellarisch) aufzuführen. **Erst durch die Bewertung aller Szenarien mit den gleichen vorher festgelegten Bewertungskriterien wird eine vergleichende, objektive Beurteilung sichergestellt.** Die Bewertungshilfen sind einzelfallspezifisch festzulegen. Grundlage für die Bewertung bilden die standortspezifischen Randbedingungen und deren Einfluss auf die im Szenario vorgesehenen Sanierungsverfahren inklusive sämtlicher vorbereitender, begleitender und nachfolgender Leistungen.

### Kriterien-Gruppe 1 - Auswirkungen auf die Umwelt

Die Bewertung der Sanierungsszenarien ist bezüglich nachfolgender Kriterien vorzunehmen. Mögliche Bewertungshilfen sind in Klammern aufgeführt.

Kriterien-Gruppe 1	Auswirkungen auf die Umwelt
1.1	Entstehung von entsorgungsbedürftigen Abwässern und Abfällen (Mengen, Qualität, Entsorgungsmöglichkeit),
1.2	Emissionen (Menge, Dauer),
1.3	Folgen für Boden und Gewässer (Menge, Fläche).

Die Beurteilung der **Entstehung von entsorgungsbedürftigen Abwässern und Abfällen** kann z. B. nach anfallenden Mengen, Qualität der Abfälle (Inertabfälle, Hausmüll, Sondermüll) und der Entsorgungsmöglichkeiten vorgenommen werden. Im Fall einer Beseitigung des Schadstoffes, ist § 6 (1)/(2) KrWG zu beachten, wobei die Pflicht zur Verwertung von Abfällen einzuhalten ist, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Die wirtschaftliche Zumutbarkeit ist gegeben, wenn die mit der Verwertung verbundenen Kosten nicht außer Verhältnis zu den Kosten für eine Abfallbeseitigung stehen. Die wirtschaftliche Zumutbarkeit wird im Arbeitsschritt 8 - Prüfung der Angemessenheit (Kapitel 8.5) diskutiert. Im Rahmen der fachlichen Bewertung der Sanierungsszenarien ist i.d.R. die Dekontamination der belasteten Materialien mit anschließender Verwertung gegenüber der Deponierung (Beseitigung) höher zu bewerten.

Für das Bewertungskriterium **Emissionen** ist zu prüfen, inwieweit durch die Verfahren mit Emissionen (Abgas, Dampf, Staub, Abwasser, Geruch, Lärm, Erschütterungen, etc.) zu rechnen ist. Dabei sind Menge bzw. Intensität sowie die Dauer zu beurteilen. Bei der Bewertung sind die Emissionen der Sanierungsverfahren sowie der Nebenmaßnahmen (beispielsweise Rammarbeiten, Betrieb von Brecheranlagen, Materialtransporte u. ä.) zu berücksichtigen. Die aufgeführten Emissionen wirken entweder ausschließlich auf der Fläche des Standorts (z. B. Bodenaushub) oder sie betreffen auch das nähere Umfeld des Standortes (z. B. Schall- und Staubemissionen).

Kommen im Rahmen der geplanten Sanierungsszenarios Grundwasserabsenkungen (beispielsweise hydraulische Sanierung oder Wasserhaltung beim Bodenaushub) oder In-situ-Sanierungen zum Einsatz, so sind zu erwartende **Folgen für Boden und Gewässer** zu beurteilen. Es ist eine Unterscheidung in klein- und großräumige Auswirkungen vorzunehmen und zu bewerten. Bewertungsmaßstäbe für den Boden können anhand der Menge oder Fläche aufgestellt werden. Bei großflächigen Sanierungsmaßnahmen kann eine Störung des Ökosystems bzw. des Grundwasserhaushaltes zu befürchten sein. Die Bewertung kann bezogen auf den Schutzstatus und auf die Anzahl der betroffenen Arten bzw. Individuenanzahl vorgenommen werden.

### Kriterien-Gruppe 2 - Nachhaltigkeit

Mit Hilfe der Kriterien-Gruppe Nachhaltigkeit wird die dauerhafte Wirksamkeit der Szenarien bewertet. Nachfolgend sind die Bewertungskriterien und mögliche Bewertungshilfen aufgeführt.

Kriterien-Gruppe 2	Nachhaltigkeit
2.1	Überprüfbarkeit,
2.2	Dauerhaftigkeit (Zeiteinheiten),
2.3	Nachträgliche Wiederherstellbarkeit sowie
2.4	Gefahrenpotential der verbleibenden Schadstoffe.

Eine Anforderung an Sanierungsszenarien ist die **Überprüfbarkeit** des Sanierungserfolges. Vor allem bei *In-situ*-Sanierungen und Sicherungsmaßnahmen ist die Überwachung der Wirksamkeit bedeutsam. Da die Möglichkeit der Überprüfbarkeit (Überwachung) grundsätzlich gegeben sein muss, wird bei diesem Kriterium der Aufwand bewertet (niedrig, mäßig, hoch).

Maßgebend für die Eignung einer Sicherungsmaßnahme ist die langfristige Unterbrechung der Wirkungspfade zu den Schutzgütern. Auch bei *In-situ*-Sanierungen ergeben sich im Fall von Rebound-Effekten und nachlaufenden chemischen und biologischen Prozessen Fragen zur dauerhaften Unterbindung der Schadstoffausbreitung. Die **Dauerhaftigkeit** bezieht sich demzufolge auf die Unterbindung der Schadstoffausbreitung und schließt die Überwachungsphase und nachträgliche Wiederherstellbarkeit ein. Die Bewertung erfolgt in Zeiteinheiten.

Sicherungsbauwerke unterliegen grundsätzlich zeitlich bedingten Veränderungsprozessen, die mit einem Nachlassen der Sicherungswirkung im Sinne der Verhinderung der Schadstoffausbreitung verbunden sein können. Deshalb wird gefordert, dass die **Wiederherstellbarkeit** der Sicherungswirkung auch nachträglich möglich sein muss. Bewertet werden kann z. B. der Aufwand.

Zur Bewertung des **Gefahrenpotentials der verbleibenden Schadstoffe** sind Kategorien nach Menge und Art der verbleibenden Kontaminationen und deren Relevanz für die Schutzgüter zu bilden.

### Kriterien-Gruppe 3 - Sonstige relevante Kriterien

Standortspezifisch sind noch weitere Kriterien zur Bewertung heranzuziehen. Diese sind jedoch nur bei Relevanz anzuwenden. Die Anwendung jedes Kriteriums ist zu begründen.



Kriterien-Gruppe 3	sonstige relevante Kriterien
<b>3.1</b>	<b>Technische Kriterien</b>
3.1.1	Zuverlässigkeit (Betriebssicherheit, Reparaturanfälligkeit, Wartungsaufwand),
3.1.2	Flexibilität in der Anpassung an veränderte Randbedingungen (Schadstoffe, Boden- und Materialeigenschaften),
3.1.3	Entwicklungsstand (Anzahl der Praxiserfahrungen oder Referenzen),
<b>3.2</b>	<b>Organisatorische Kriterien</b>
3.2.1	Zeitliche Umsetzung (Dauer der Sanierung, Anlagenkapazitäten),
3.2.2	Infrastruktur und Flächenbedarf (Ausmaß, Aufwand),
3.2.3	Nutzungseinschränkungen während und nach der Sanierung (Ausmaß),
3.2.4	Koordinierungsbedarf (Aufwand),
<b>3.3</b>	<b>Rechtliche und politische Kriterien</b>
3.3.1	Risiken bei der Durchführung der Baumaßnahme bzw. des Anlagenbetriebs (Unfallgefahr, Gesundheitsgefährdung) sowie notwendige Schutz- und Vorkehrungsmaßnahmen für direkt Beteiligte/indirekt Betroffene (Aufwand),
3.3.2	Genehmigungsfähigkeit des Sanierungsszenarios (Genehmigungsdauer)
3.3.3	öffentliche und politische Akzeptanz (unmittelbar/mittelbar Betroffene, Eigentümer, Träger öffentlicher Belange)

Die **Zuverlässigkeit** des eingesetzten Verfahrens soll möglichst hoch und mit einem möglichst geringen technischen Aufwand während der Sanierungsmaßnahme gewährleistet werden. Die Beurteilung kann bezüglich Betriebssicherheit, Reparaturanfälligkeit und Wartungsaufwand vorgenommen werden.

Da unvorhersehbare Veränderungen des Schadstoffprofils, der Untergrundverhältnisse und der verfahrensspezifischen Randbedingungen auftreten können, ist die **Flexibilität** der Sanierungsverfahren in der Anpassung an veränderte Randbedingungen bezogen auf Verfahren, Schadstoffe, Boden- und Materialeigenschaften zu bewerten.

Mit dem Bewertungskriterium **Entwicklungsstand** ist der jeweilige technische Stand (Technikumsmaßstab, Pilotanlage, Stand der Technik, Anzahl objektrelevanter Referenzen) des Sanierungsverfahrens zu bewerten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Regel nur durch praxisbewährte Sanierungsverfahren die notwendige Anwendungssicherheit gewährleistet werden kann. Der Einsatz innovativer Verfahren kann zwar erforderlich sein, jedoch sind Aussagen hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit oft schwierig. Bei Anwendung solcher Verfahren sind die bestehenden Risiken und die damit verbundenen möglichen „Folgemaßnahmen“ zu beschreiben.

Die **zeitliche Umsetzung** der Gesamtsanierung bezogen auf den Standort ist insbesondere entscheidend hinsichtlich der Kosten und kann relevant sein, wenn Konflikte bezüglich zeitlicher Vorgaben für die Nachnutzung auftreten. Die Bewertung der Sanierungsdauer erfolgt in Zeiteinheiten. Zum Thema Abschätzung der Sanierungsdauer wird auf die Ausführungen zu den Tools zur Berechnung der Sanierungsdauer (Kapitel 8.2.3) verwiesen.

Das Kriterium **Infrastruktur- und Flächenbedarf** könnte vor allem bei *Ex-Situ*-Maßnahmen im Vergleich zu *In-situ*-Maßnahmen relevant sein, wenn bei einem zu bewertenden Szenarium die am Standort verfügbaren Infrastruktureinrichtungen und Flächen zur Umsetzung der einzelnen Sanierungsverfahren nicht ausreichen und es zu erheblichen Einschränkungen im Bauablauf kommen würde. Bewertet werden kann der zusätzlich erforderliche Aufwand für die Einrichtung von Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Zwischenlager- und Bereitstellungsflächen (ggf. Anmietung von Freiflächen) oder den Bau von Verkehrswegen.

In Abhängigkeit vom Sanierungsszenario können sich während und nach der Sanierung Nutzungseinschränkungen für den Grundstückseigentümer, den Pächter, die Bewohner oder den zukünftigen Investor ergeben, wobei die im Sanierungsszenario vorgesehenen **Nutzungseinschränkungen** bezogen auf das Ausmaß der Einschränkung zu bewerten sind.

Der **Koordinierungsbedarf** für einen reibungsfreien Sanierungsablauf ist nach dem notwendigen Aufwand zu bewerten.

Generell sind die Anforderungen des Gesundheits- und Arbeitsschutzes zu berücksichtigen, so dass über das Bewertungskriterium **Risiken bei der Durchführung der Sanierungsmaßnahme** bzw. des Anlagenbetriebes eine Bewertung des verbleibenden Restrisikos für den Menschen (Unfallgefahr und Gesundheitsgefährdung) vorzunehmen ist. Daraus ergibt sich der Aufwand für notwendige Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Beschäftigten und Anwohner.

Die **Genehmigungsfähigkeit des Szenarios** durch die zuständige Behörde ist insbesondere bezogen auf einen Sanierungsplan nach § 13 Abs. 6 BBodSchG zu bewerten. Dies schließt alle begleitenden Genehmigungen mit ein, wobei die gesetzlich vorgegebenen Ausnahmen im § 3 und § 13 Abs. 6 beachtet werden müssen.

Bei der Bewertung der **öffentlichen und politischen Akzeptanz** sind z. B. Bestandsschutz von Gebäuden und Anlagen, die Beeinträchtigung Dritter durch ein verstärktes Verkehrsaufkommen, Entschädigungspflichten, die Duldung der Maßnahme von Grundstückseigentümern, Pächtern oder Erbbauberechtigten sowie die Durchsetzbarkeit der Maßnahme gegenüber dem Verpflichteten zu beachten.

### 8.2.3 Abschätzung der Sanierungsdauer

Die voraussichtliche Sanierungsdauer hat einen entscheidenden Einfluss auf die Auswahl des geeigneten Sanierungsverfahrens. Da die Sanierungsdauer die Gesamtkosten einer Sanierung bestimmt, kann bei einer sehr langen Sanierungsdauer das betrachtete Sanierungsverfahren unverhältnismäßig werden. Nach der Ausarbeitung der einzelnen Sanierungsoptionen (in etwa auf dem Niveau der Entwurfsplanung) (Kapitel 8.1) und unter Berücksichtigung der Schadstoffbelastungen am Standort (Kapitel 5.2) können die Kosten für die Sanierungsinfrastruktur (Investitionskosten) und den jährlichen Betrieb sowie die Überwachung geschätzt werden (Kapitel 8.3).

Für die Abschätzung der Sanierungsdauer gibt es datenbasierte Ansätze. Diese sogenannten Excel-basierten Tools stehen für die nachfolgend genannten Sanierungsverfahren mit dem dort aufgeführten Stand der Datenlage auf den Webseiten des Sächsischen Landesamtes für Umwelt Landwirtschaft und Geologie zur Verfügung:

- Bodenluftabsaugung,
- Pump-and-Treat,
- In-situ chemische Oxidation (ISCO),
- Thermische konduktive Desorption,
- Airsparging,
- Anaerober mikrobieller LCKW-Abbau,
- Abbau durch Injektion von Elektronenakzeptoren (Nitrat, Sulfat).

Ferner steht für die Excel-Tools ein Handlungsleitfaden zur Verfügung. Neben der Schätzung der Sanierungsdauer erlauben die Tools auch eine vereinfachte Prüfung der Eignung des jeweiligen Sanierungsverfahrens sowie der Dimensionierung der entsprechenden Anlagenteile.

Sowohl bei den zuvor genannten Verfahren mithilfe der Tools, als auch bei allen weiteren zu bewertenden Sanierungsverfahren sind die Grundlagen der Abschätzung der Sanierungsdauer belastbar in Verbindung mit der fundierten, verbalargumentativen Bewertung der Sanierungsvarianten darzulegen.

## 8.2.4 Verbalargumentative Bewertung

Damit auch bei der verbalargumentativen Bewertung möglichst alle im Einzelfall relevanten Punkte berücksichtigt werden und die Entscheidungsfindung reproduzierbar wird, empfiehlt sich eine übersichtliche und strukturierte Bewertung. Die Bearbeitung der verbalargumentativen Bewertung erfolgt in den Schritten:

- Definition der zu bewertenden Komponenten eines Sanierungsszenarios (Kapitel 8.2.1),
- Festlegung der relevanten Bewertungskriterien und -hilfen (Kapitel 8.2.2),
- Definition der zugrunde gelegten Maßstäbe,
- Bewertung der Szenarios bezogen auf die jeweiligen Vor- und Nachteile für jedes festgelegte Bewertungskriterium sowie
- Priorisierung der betrachteten Szenarien.

Damit die Wirksamkeit der verschiedenen Sanierungsszenarien, deren Verfahrens- und Bautechnik, Verfahrensleistung und Auswirkungen gleichermaßen beurteilt werden können, ist die Bewertung einzeln für jedes Sanierungsszenario bezogen auf die gleichen Bewertungskriterien vorzunehmen. Auf der Grundlage der einzelfallspezifischen Randbedingungen und Einflussfaktoren sind sämtliche Verfahren eines Szenarios sowie die vorbereitenden, begleitenden und nachfolgenden Maßnahmen (Nebenmaßnahmen) ausführlich bezogen auf die jeweiligen Vor- und Nachteile für jedes festgelegte Bewertungskriterium zu diskutieren und zu bewerten. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass das Szenario durch einzelne Randbedingungen der eingesetzten Verfahren und Nebenmaßnahmen (z. B. baubegleitende Grundwasserabsenkungen mit ggf. Aufbereitung / Abstromsicherungen, Standsicherheit, Kampfmittel) bestimmt werden kann. Vorteil der verbalargumentativen Bewertung ist die ausführliche, differenzierte Darstellung der Sachverhalte sowie der unterschiedlichen Bewertungsmaßstäbe, womit eine auf den Einzelfall abgestimmte und nachvollziehbare Bewertung gegeben ist. Die zugrunde gelegten Maßstäbe sind für jedes Bewertungskriterium darzustellen. Der Übersichtlichkeit halber empfiehlt sich eine tabellarische Darstellung mit stichwortartiger Begründung.

Abschließend erfolgt die Priorisierung der betrachteten Sanierungsszenarien. Die vom Gutachter vorgenommene Priorisierung ist zu begründen. Kann aus der verbalargumentativen Bewertung keine eindeutige Priorisierung der Szenarien vorgenommen werden, empfiehlt sich grundsätzlich die Durchführung einer nutzwertbezogenen Bewertung. Mit dem Ergebnis der verbalargumentativen Bewertung werden die Stärken und Schwächen der einzelnen Sanierungsszenarien bezogen auf ihre Nachhaltigkeit, Umweltauswirkungen, sowie sonstiger Kriterien deutlich aufgezeigt, so dass vom Gutachter die Möglichkeit zur Optimierung der Szenarien überprüft werden kann. Bei Bedarf sind die Szenarien zu optimieren und eine verbalargumentative und gegebenenfalls nutzwertbezogene Bewertung nochmals durchzuführen.

## 8.2.5 Nutzwertbezogene Bewertung

Eine nutzwertbezogene Bewertung sollte generell in Kombination mit einer verbalargumentativen Bewertung durchgeführt werden, da erst dadurch gewährleistet ist, dass der sachliche Hintergrund für eine Quantifizierung unterschiedlicher Gegebenheiten bzw. Dimensionen nachvollziehbar und inhaltlich begründbar zur Verfügung steht.

Unabhängig von den oft diskutierten Schwachpunkten und Nachteilen der Nutzwertanalyse und dem nicht zu vernachlässigenden Aufwand bei der Bearbeitung sind nachfolgend die deutlichen **Vorteile** für den Gutachter, den Auftraggeber und die zuständige Behörde aufgeführt:

- Alle für die Beurteilung relevanten Bewertungskriterien werden klar definiert, so dass der Bewertungsschwerpunkt bzw. die Interessenlage des Gutachters deutlich sichtbar werden.
- Durch die subjektiven Elemente der Nutzwertanalyse (Bewertungsskala, Wichtung) wird die Erfahrung des Gutachters in kontrollierbarer Form offengelegt.
- Kriterien unterschiedlicher Dimension können über Zahlenwerte vergleichbar gemacht werden.
- Die komplexe Entscheidung bei mehreren für eine Sanierungszone geeigneten Sanierungsszenarien wird erst durch Teilbewertungen transparent und nachvollziehbar.
- Die Gültigkeit des Bewertungsergebnisses kann durch die Bewertung von mehreren Personen gesteigert werden.
- Durch die Flexibilität der Bewertung können Änderungen bzw. ergänzende Anforderungen berücksichtigt werden.
- Weiterhin können Sanierungsszenarien, die sich nur in Einzelkomponenten unterscheiden, effizient bewertet werden.
- Der Prozess der Entscheidungsfindung und die vorgenommene Gewichtung werden offengelegt, sodass der Auftraggeber, die zuständige Behörde, Betroffene oder Entscheidungsträger das Ergebnis nachvollziehen bzw. durch eine eigene Bewertung überprüfen können.
- Die Entscheidungsfindung wird auch für den nicht fachkundigen Entscheidungsträger nachvollziehbar.
- Die nutzwertbezogene Bewertung sollte vorrangig bei komplexen Altlastensanierungsmaßnahmen zur Anwendung kommen.
- Aufbauend auf die verbalargumentative Bewertung erfolgt die nutzwertbezogene Bewertung in den Schritten:
  - Definition der zu bewertenden Komponenten eines Sanierungsszenarios,
  - Festlegung der relevanten Bewertungskriterien und -maßstäbe sowie
  - Definition der Bewertungsbereiche (Konkretisierung gegenüber der verbalargumentativen Bewertung),
  - Szenarien spezifische Bewertung der Kriterien,
  - Szenarien unabhängige Wichtung der Kriterien und Kriteriengruppen,
  - Berechnung der Gesamtpunktzahl für das Szenario.

Die nutzwertbezogene Bewertung erfolgt für die gleichen Bewertungskriterien, die bereits bei der verbalargumentativen Bewertung zur Anwendung gekommen sind. Auch die als relevant eingestuft standortspezifischen Randbedingungen / Einflussfaktoren, bei der verbalargumentativen Bewertung dargestellten Vor- und Nachteile für die jeweiligen Sanierungsverfahren sowie Nebenmaßnahmen eines Szenarios bilden mit der bereits erarbeiteten Bewertungsgrundlage die Ausgangsbasis der quantifizierenden Bewertung.

Vor dem fachlichen Hintergrund der verbalargumentativen Bewertung sind für alle Bewertungskriterien die zugehörigen **Bewertungsbereiche**, soweit gegeben, **räumlich zu konkretisieren**, damit darüber eine einheitliche Beurteilung der verschiedenen Sanierungsszenarien vorgenommen werden kann. Die Definition des Bewertungsbereiches kann in Abhängigkeit vom jeweiligen Bewertungskriterium qualitativ oder quantitativ erfolgen, wobei der Bewertungsbereich durch die jeweiligen Standortverhältnisse und den Sanierungsablauf bzw. durch Zahlenangaben z. B. Konzentrations-, Zeit-, Volumen-, Massen-, Flächen-, Verbrauchsangaben etc. definiert werden kann. Zur Gewährleistung einer ausreichenden einzelfallspezifischen Flexibilität des

Bewertungsansatzes werden die Bewertungsbereiche der einzelnen Bewertungskriterien in diesem Handbuch nicht verbindlich vorgegeben. Vielmehr ist es Aufgabe des Gutachters, diese ausgerichtet auf den jeweiligen Einzelfall zu erarbeiten und ggf. mit dem Auftraggeber und der zuständigen Behörde abzustimmen.

Für den Bewertungsbereich ist eine punktspezifische Unterscheidung der einzelnen Bewertungskriterien vorzunehmen. Die Spannbreite der festzulegenden Punktbewertungen muss ausreichend Unterschiede bei den Sanierungsszenarien von „gerade noch ausreichende Erfüllung“ bis zur „optimalen Erfüllung“ des Bewertungskriteriums widerspiegeln.

Die Durchführbarkeit des Sanierungsszenarios wurde bei der Erarbeitung der standortbezogenen Sanierungsszenarien nachgewiesen. Bei der Bewertung wird deshalb z. B. der geringsten Punktezahl (1 Punkt) ein sehr hoher technischer Aufwand zugeordnet, d. h. die Möglichkeit einer technischen Undurchführbarkeit ist nicht Bestandteil der Bewertung.

Folgendes Beispiel für zwei Parameter soll die Maßstabsdefinition verdeutlichen:

**Tabelle 1: Beispiel einer Maßstabsdefinition zur Nutzwertbezogenen Bewertung**

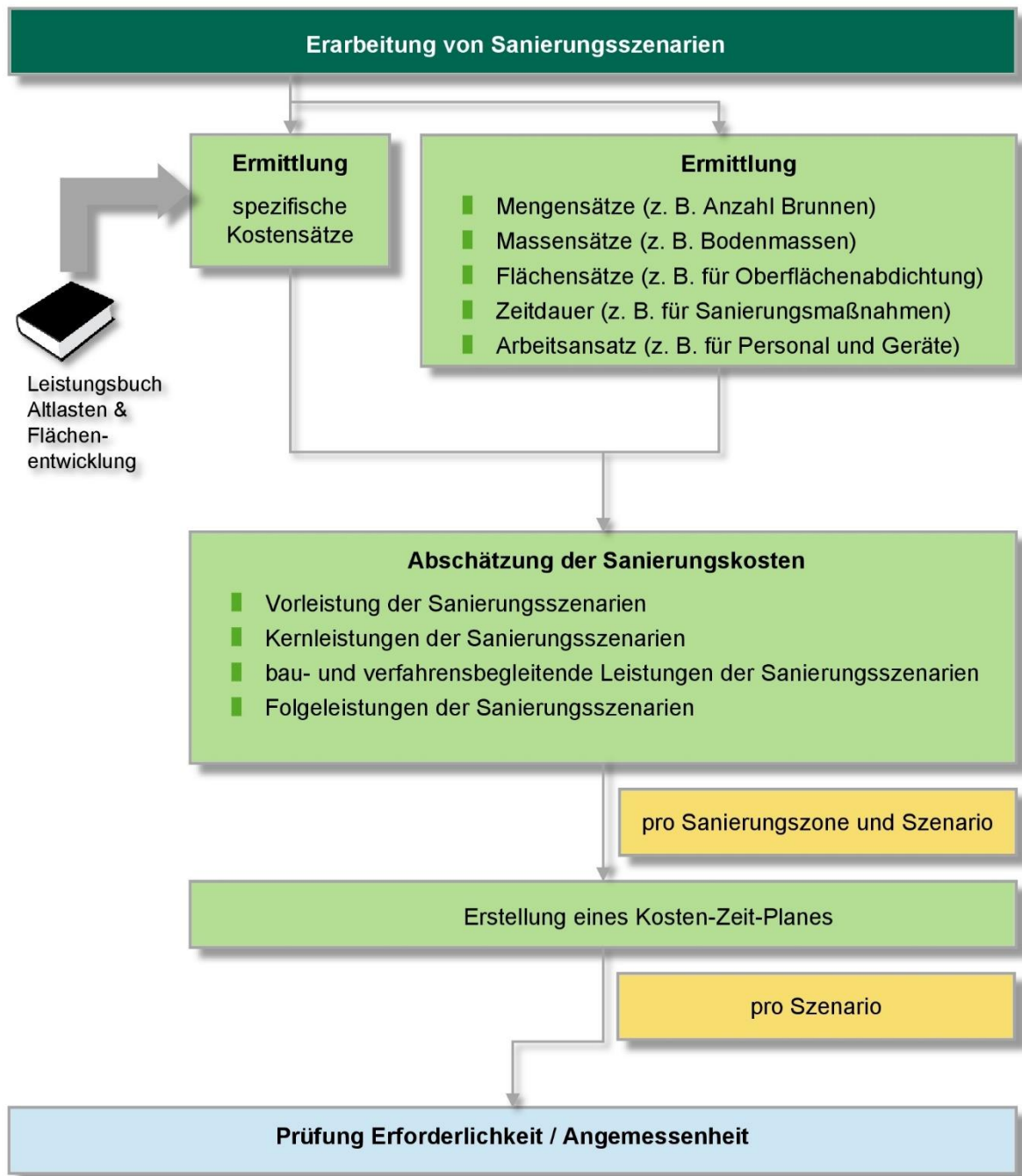
Kategorie	Erläuterung	Punkte
technisch mögliche Sanierungsdauer		
bis 1 Monat	Die Durchführung der Sanierung ist bezüglich der technischen Voraussetzungen im angegebenen Zeitraum gegeben.	10
bis 3 Monate		8
bis 6 Monate		6
bis 12 Monate		3
Zeitraum der Überwachung des Sanierungserfolgs		
kurzfristig (bis 3 Monate)	keine oder nur kurzfristige Kontrolle	10
mittelfristig (bis 1 Jahr)	Die Kontrolle des Sanierungserfolgs muss im angegebenen Zeitraum erfolgen.	7
langfristig (bis 5 Jahre)		5
ständig erforderlich	ständige Überwachung erforderlich	2

Zur Auswahl geeigneter Sanierungsszenarien werden bei der nutzwertbezogenen Bewertung die szenarienabhängige Bewertung und die szenarienunabhängige Wichtung von Kriterien (siehe 8.2.2) betrachtet.

Die errechnete Gesamtpunktzahl eines Szenarios charakterisiert dessen fachliche Eignung zur Gefahrenabwehr unter Berücksichtigung der angewendeten Kriterien. Die Rangfolge zeigt somit den Grad der Kriterienerfüllung durch die einzelnen Szenarien an. Die Sanierungsszenarien sind durch dieselbe Person zu bewerten! Eine nutzwertbezogene Bewertung bildet die Grundlage, um eine Kosten-Nutzen-Betrachtung (Prüfung der Angemessenheit) durchführen zu können (Kapitel 8.5).

## 8.3 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung (**Abbildung 9**) ist für alle nicht zuvor ausgeschiedenen Sanierungsszenarien durchzuführen. Mit den Ergebnissen kann im nächsten Schritt eine Nutzen-Kosten-Betrachtung (Prüfung der Angemessenheit, Kapitel 8.5) vorgenommen werden kann. Die Grundlage für die Kostenschätzung bilden sämtliche Leistungen der als geeignet festgelegten Sanierungsszenarien (Kapitel 8.1).



**Abbildung 9: Ablauf der Kostenschätzung**

Die Kostenschätzung ist in Anlehnung an die Kostenstruktur der DIN 276 [11] durchzuführen. Sie ist eine überschlägige Ermittlung der Kosten auf der Grundlage von Erfahrungswerten, wobei eine Sicherheit von mindestens  $\pm 50\%$  gegenüber den späteren tatsächlichen Sanierungskosten angestrebt werden sollte. Zu berücksichtigen ist, dass durch eine Veränderung der Mengen-, Massen- und Flächenansätze, durch Schwankungen bei den Preisen für Bau- und Lieferleistungen sowie durch die tatsächliche Laufzeit einer Sanierung bei der abschließenden Kostenfeststellung erhebliche Kostenabweichungen entstehen können. Daher kommt der Anwendung der Tools zur Schätzung der Sanierungsdauer (Kapitel 8.2.3) eine besondere Bedeutung bei. Die Kostenschätzung verschafft dem Auftraggeber bzw. der zuständigen Behörde einen ersten Überblick über die einzusetzenden Finanzmittel.

Grundlagen einer Kostenschätzung können u.a. sein:

- Grundlegende Auslegung der Sanierung (Sanierungsdesign),
- vorliegende Erfahrungen zu Kosten aus vergleichbaren Projekten,
- Ergebnisse von aktuellen Marktrecherchen,
- Baukostentabellen,
- Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung [6].

Durch die Kalkulation von

- Volumen- bzw. Massenansätzen (z. B. Aushubmassen, Wasservolumen, Substratmassen, Anzahl von Injektionspegeln),
- Flächenansätzen (z. B. Rodungsflächen, Gesamtfläche der Oberflächensicherung, Dichtwandfläche),
- Zeitdauer (z. B. Grundwasser- und Bodenluftreinigung, Wasserhaltungsmaßnahmen) sowie
- Arbeitsansatz (z. B. Personalstärke, Geräteeinsatz, benötigte Arbeitszeit)

ist die Kostenschätzung bezogen auf die konkrete Leistung durchzuführen. Die Kostenstruktur ist so aufzubauen, dass der grundsätzliche technische Ablauf der Sanierungsmaßnahme deutlich wird und damit die Kosten transparent, nachvollziehbar und vergleichbar dargestellt werden können. Hierbei kann es sinnvoll sein, eine Gliederung nach den Leistungsbereichen

- Vorleistungen,
- Kernleistungen,
- bau- und verfahrensbegleitende Leistungen sowie
- Folgeleistungen

vorzunehmen. Jede Kostenposition ist inhaltlich kurz zu erläutern. Die festgelegte Kostenstruktur ist für alle Szenarien zu verwenden. In der nachfolgenden Aufzählung sind beispielhaft mögliche Teilleistungen aufgeführt, die als Investitions- bzw. Personalkosten abzuschätzen sind:

#### **Vorleistungen der Sanierungsszenarien**

- Ingenieur- und Gutachterleistungen (Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen),
- Baustelleneinrichtung (Absperrungen und Kennzeichnungen, Baufeldfreimachung, An- und Abtransport von Anlagen, Einrichten von Anlagen, Umsetzen von Anlagen, Versorgung und Entsorgung, Büro- und Sozialcontainer),
- Einrichtung besonderer temporärer Infrastruktur (Baustraßen, Lagerplätze),
- Abbrucharbeiten (geordneter Rückbau, Separation und Sortierung von verschiedenen Abfallarten, Bereitstellung zum Transport, Transport zur Beseitigung / Verwertung, Entsorgung),
- Erdarbeiten (Erdaushub, Hindernisbeseitigung, Separierung und Sortierung des Aushubmaterials, Bereitstellung zum Transport, Transport zur Beseitigung/Verwertung, Entsorgung),
- Baugrubensicherung (Berliner Verbau/Spundwand, Bauwerksunterfangung, Verankerung/Aussteifung, Hindernisbeseitigung).

## Kernleistungen der Sanierungsszenarien

- Kosten für die Behandlung des Bodens über Massenansatz in EURO / Tonne inklusive Vorbehandlung sowie mögliche Zuschläge,
- Kosten für Grundwasser- oder Bodenluftreinigung über Kombination aus Volumen-, Massen- und Zeitanatz (z. B. 10 m<sup>3</sup>/h Wasserentnahme erfordern zwei 5 m<sup>3</sup>-Filter mit 5.000 kg Aktivkohle mit einer mittleren Filterstandzeit von 8 Monaten; Gesamtdauer der Sanierung 3,5 Jahre) inklusive Betriebskosten (Vorhaltung, Wartung, Betrieb, Energie, Kanalgebühren), Kosten für Reinvestition abgenutzter Anlagenkomponenten,
- Sicherungsverfahren über Flächenansätze in EURO / m<sup>2</sup> Dichtwand oder Arbeitsansatz (Erstellung von 2.600 m<sup>2</sup> Oberflächenabdeckung mit 2 Kolonnen zu je 3 Mann mit 2 Baggern, 1 LKW, Geräteführern in einer Zeit von 25 Arbeitstagen; Personalkosten über Kalkulationsmittellohn).

## Bau- und verfahrensbegleitende Leistungen der Sanierungsszenarien

- Arbeits- und Immissionsschutz (Schwarz-Weiß-Anlage, Reifenwaschanlage, Fahrzeugwaschplatz, persönliche Schutzausrüstung, Messgeräte),
- Erd- und Verbauarbeiten (Aushub und Transport von Boden, Bauschutt, Abfall, Baugrubenverbau, Wiedereinbau) über Arbeitsansatz,
- Abbrucharbeiten (geordneter Rückbau, zerkleinern und Abtragen) über Arbeitsansatz,
- Wasserhaltungsarbeiten (offene Wasserhaltung, Grundwasserabsenkung, Wasservorbehandlung, Wasserableitung bzw. -entsorgung, Fassung von Oberflächenwasser),
- Verwertung bzw. Beseitigung aller angefallenen Abfälle (beladene Aktivkohle, Abwässer, verbrauchte Arbeitsschutzausrüstungen),
- Qualitätssicherung (Analytik, Versuchsfelder, sanierungsbegleitende Untersuchungen),
- Sonstige begleitende Leistungen (Öffentlichkeitsarbeit, Entschädigung und Ausgleich für in Anspruch genommene Flächen oder Materialien, Beweissicherungsverfahren während der Sanierungsmaßnahmen, Wiederherstellung (Ersatzpflanzungen für Rodungen, Reparatur beanspruchter Lager- oder Verkehrsflächen); sonstige verfahrensspezifische begleitende Leistungen).

## Folgeleistungen der Sanierungsszenarien

- Langzeitbetrieb und Langzeitunterhaltung bestehend aus Funktionskontrollen, Wartung, Reparatur, Betrieb und Instandsetzung bei Anlagen/Bauwerken,
- Langzeitüberwachungsprogramme zur Überwachung der Einhaltung der Sanierungsziele bzw. der Wirksamkeit von Dekontaminationsanlagen und Sicherungsbauwerken,
- Reparatur oder Neuerrichtung nicht mehr oder eingeschränkt funktionsfähiger Sicherungselemente,
- Vorbereitung der Folgenutzung, die ggf. mit Bestandteil des Sanierungskonzeptes sind (Landschaftsgestaltung, Begrünung, Infrastruktur).

Vom Gutachter sind in Abstimmung mit allen Beteiligten die Betrachtungszeiträume für die Gesamtmaßnahme (Vorleistungen, Kernleistungen, Folgeleistungen) festzulegen und zu begründen. Die Festlegung der Betrachtungszeiträume sollte bereits bei der Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien (Kapitel 8.1) erfolgen. In Abstimmung mit dem Auftraggeber sind ggf. auch die Kosten für

- Kapitaldienste (Kreditaufnahmen, vorzeitiger Abruf von Fördermitteln, etc.),
- Kapitalwertbetrachtung (Barwertmethode) sowie
- Abschreibungen (bei Vorhandensein von eigenen Sachgütern, Kauf von Sanierungsanlagen)

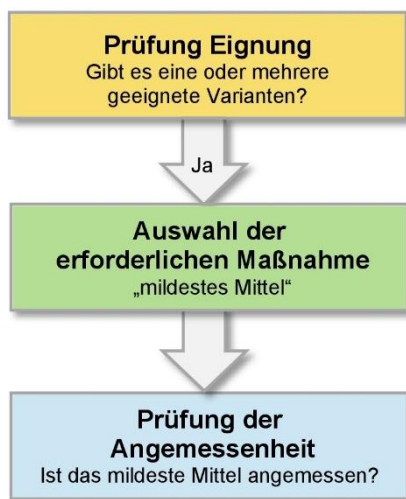


in der Kostenschätzung zu berücksichtigen. Die Kostenschätzung sollte aus Gründen der Übersicht in tabellarischer Form erstellt werden. Dabei sollte der zeitliche Verlauf der Kosten für die Sanierungsdurchführung und die Nachsorge dargestellt werden, sodass der jährliche Finanzbedarf deutlich wird (Kosten-Zeit-Plan).

## 8.4 Erforderlichkeit

Während in den vorlaufenden Kapiteln 8.1-8.2 die Geeignetheit von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen geprüft wurde, ist im Zuge des Auswahlermessens zudem die Erforderlichkeit und die Angemessenheit festzustellen.

(aus [9])



**Abbildung 10: Stufen der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Rahmen des Auswahlermessens (aus [9])**

Während im ersten Schritt (Prüfung der Eignung) die grundsätzlich technische Machbarkeit geprüft wird, sind die beiden folgenden Stufen komplexe Abwägungsprozesse. Sie gehen dabei weit über die in der Praxis häufig zu beobachtende, rein monetäre Betrachtung hinaus.

Der zweite Schritt des Auswahlermessens ist die Wahl der erforderlichen Maßnahme. Die Abwägung, dass eine Maßnahme ergriffen werden muss, ist hier schon getroffen. Die erforderliche Maßnahme stellt das mildeste Mittel dar, welches den Pflichtigen, die Allgemeinheit, die Umwelt sowie Natur und Landschaft am geringsten belastet. Wenn es nur eine geeignete Maßnahme zur Erreichung der Ziele gibt, dann ist diese – unabhängig von den entstehenden Belastungen und Kosten – auch das mildeste Mittel.

Soweit zudem die Angemessenheit dieser Maßnahme gegeben ist (Kapitel 8.5), ist dies die Maßnahme, die dem Pflichtigen durch die Behörde zur Umsetzung grundsätzlich auferlegt werden kann. Dem Pflichtigen steht es dabei frei, andere Maßnahmen zu ergreifen, soweit diese geeignet sind, auch wenn ihn diese in höherem Maße belasten (Austauschmittel). Diese Auswahlfreiheit des Pflichtigen hat aber da ihre Grenzen, wo die Allgemeinheit, die Umwelt oder Natur und Landschaft durch die Maßnahme in nicht akzeptabler Weise beeinträchtigt werden.

Auch wenn die Kosten unterschiedlicher Varianten grundsätzlich einfach gegeneinander abzuwägen sind, ergeben sich in der Praxis dabei erhebliche Unsicherheiten. Zum einen sind die einmaligen Kosten für Bau- und Entsorgungsmaßnahmen bei Altlasten i.d.R. mit einer deutlichen Kostenunsicherheit behaftet. Soweit keine Abschätzung der Sanierungsdauer gemäß Abschnitt 8.2.3 möglich ist, sind die Kosten für langlaufende Maßnahmen nur äußerst schwer realistisch abzuschätzen. Die angesetzte Laufzeit weicht in der Praxis häufig

von der später tatsächlich notwendigen erheblich ab. Vermeintlich kostengünstigere Varianten können sich somit langfristig finanziell als aufwendiger erweisen als andere.

## 8.5 Angemessenheit

### 8.5.1 Grundsätzliche Anmerkungen zur Prüfung der Angemessenheit

(aus [9])

Im Zuge der Prüfung der Angemessenheit wird bewertet, ob die ermittelten Belastungen und Beeinträchtigungen des Pflichtigen, der Allgemeinheit, der Umwelt oder der Natur und Landschaft nicht außer Verhältnis zum verfolgten Zweck stehen. Das bedingt eine Abwägung der Interessen der Allgemeinheit auf der einen und der Interessen des Pflichtigen auf der anderen Seite. Exemplarisch sind hierzu

- die boden- oder wasserrechtliche Gefahrenabwehr,
- eine mögliche Wiederherstellung der uneingeschränkten Nutzbarkeit von Grund- und Oberflächengewässern,
- die Wiederherstellung der planungsrechtlich zulässigen Nutzbarkeit von Flächen,
- die Beseitigung einer Beeinträchtigung von Nachbargrundstücken Dritter, da bereits das Durchströmen eines Grundstücks mit belastetem Grundwasser einen Sachmangel darstellen kann,

zu betrachten. Aspekte der Wertsteigerung eines Grundstücks durch Sanierung müssen grundsätzlich bei der Bewertung der Angemessenheit von Belastungen berücksichtigt werden.

Neben diesen rein standortbezogenen Erwägungen lässt sich der Aufwand auch durch den Vergleich mit ähnlich gelagerten Projekten an anderen Standorten einordnen. Hieraus kann allerdings nicht automatisch abgeleitet werden, dass eine Maßnahme unangemessen ist, da sie höhere Aufwendungen als an anderen Standorten erfordert. So kann beispielsweise die häufig angewandte Betrachtung „Kosten je Kilogramm Schadstoff“ allenfalls grob orientierenden bzw. vergleichenden, keinesfalls jedoch entscheidenden Charakter haben. Insbesondere bei der Beeinträchtigung sensibler Schutzgüter, wie beispielsweise Trinkwasserfassungen, kann auch ein hoher Aufwand angemessen sein.

Die letztendliche Bewertung der Angemessenheit muss verbal-argumentativ erfolgen. Punktwertungen aus Nutzwertanalysen, (spezifische) Vergleichskosten, Schadstofffrachten o.ä. können diese Argumentation unterstützen, nicht jedoch ersetzen.

Wenn die als erforderlich ausgewählte Maßnahme als angemessen und für den Pflichtigen zumutbar eingestuft wird, kann die Maßnahme rechtlich durch die zuständige Behörde durchgesetzt werden. Auch in dieser Phase steht es dem Pflichtigen frei, eine andere geeignete Maßnahme umzusetzen, wenn die hierdurch verursachten Belastungen der Allgemeinheit, der Umwelt oder von Natur und Landschaft hinnehmbar sind.

Soweit die erforderliche Maßnahme (mildestes Mittel) nicht angemessen ist, ist das Sanierungsziel iterativ solange anzupassen, bis eine angemessene Maßnahme gefunden ist. Auch hier kann es hilfreich sein, wenn der Pflichtige bzw. dessen Gutachter Aussagen trifft, was mit welchen Aufwendungen erreichbar ist. Analog zur Prüfung der Eignung muss bei einer Anpassung des Sanierungsziels geprüft werden, inwieweit aufgrund einer nicht vollständigen Gefahrenabwehr Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen ergriffen werden müssen.

### 8.5.2 Kosten-Nutzen-Betrachtungen

Auf der Grundlage der fachlichen Bewertung (Kapitel 8.2) sowie der Kostenschätzung (Kapitel 8.3) sind für die Sanierungsszenarien Nutzen-Kosten-Betrachtungen durchzuführen. Ziel ist die Ermittlung des unter

technischen und ökologischen Gesichtspunkten am besten geeigneten Sanierungsszenarios bei gleichzeitig sparsamem und zielgerichtetem Einsatz finanzieller Mittel.

Der Nutzen wird hierbei durch die Wirksamkeit eines Sanierungsszenarios als Gefahrenabwehrmaßnahme für die planungsrechtlich zulässige Nutzung bezogen auf die Kriterien Nachhaltigkeit, Auswirkungen auf die Umwelt sowie sonstige relevante Kriterien definiert. Wurde eine quantitative Bewertung durchgeführt, so ist der Nutzen über die berechnete Punktzahl (Nutzwert) abbildbar.

Um die Entscheidung für das optimale Sanierungsszenario treffen zu können, muss der Nutzen der Szenarien den jeweiligen Kosten gegenübergestellt werden. Nutzen-Kosten-Betrachtungen sind u. a. über die Ansätze Kostenvergleichsrechnung sowie Kosten-Nutzwert-Analyse möglich.

Die **Kostenvergleichsrechnung** ist die einfachste Form der Nutzen-Kosten-Betrachtung und in jedem Fall durchzuführen. Es wird lediglich ein Vergleich der Kosten durchgeführt, wobei der Nutzen unberücksichtigt bleibt. Über den nicht-monetären Vorteil eines Szenarios kann keine Aussage gemacht werden. Die Anwendung der Kostenvergleichsrechnung bietet sich vor allem an, wenn eine Nutzengleichheit der zu vergleichenden Sanierungsverfahren festgestellt werden kann.

Da die Kosten (Investitions-, Betriebskosten) zu verschiedenen Zeitpunkten der Kalkulationsperiode anfallen, können sie mit der **Kapitalwertmethode** (Barwertmethode) auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt berechnet werden. Normalerweise wählt man den Zeitpunkt der Kostenbewertung. Zur Errechnung von Barwerten sind Kosten, die zu unterschiedlichen Bezugszeitpunkten anfallen, aufzuzinsen. Die Inflation ist dagegen zu rechnen. Bei diesem Prinzip der Barwertbetrachtung wird für alle anfallenden Kosten ein einheitlicher Preisstand verwendet. Die aktuellen realen und nominalen Zinssätze sind jeweils über das statistische Bundesamt zu ermitteln.

Es ist notwendig, das Ergebnis der Berechnungen durch eine **Sensitivitätsanalyse** (Empfindlichkeitsberechnung) auf Unsicherheiten zu überprüfen. Damit sollen Unsicherheitsfaktoren bestimmt und in ihrer Auswirkung auf die Analyseergebnisse überprüft werden. Es kann festgestellt werden, inwieweit unterschiedliche Eingangsdaten die Analyseergebnisse ändern.

Durch die **Kosten-Nutzwert-Analyse** wird es möglich, die Nutzwerte der Sanierungsszenarien mit den Kosten ins Verhältnis zu setzen. Dabei stehen die Kosten (in Geldeinheiten) dimensionslosen Nutzwerten gegen. Die Nutzwerte werden im Rahmen der quantitativen Bewertung (Kapitel 8.2.5) ermittelt.

Zuerst müssen die Kostenbarwerte (aus der Kapitalwertmethode) ermittelt werden. Der Nutzwert eines Sanierungsszenarios wird über die Kriteriengruppen Nachhaltigkeit, Auswirkungen auf die Umwelt sowie sonstige relevante Kriterien definiert. Beide Teilergebnisse (Kosten und Nutzwerte) werden zur Gesamtbewertung herangezogen. Um die monetäre mit der nicht-monetären Bewertung zu verknüpfen, kann beispielsweise pro Szenario das Verhältnis von Nutzwert zu Kosten durch die Division von Gesamtpunktzahl durch die Gesamtkosten gebildet werden. Ebenfalls möglich ist eine graphische Gegenüberstellung, wobei auf der Abszisse die Nutzwerte und auf der Ordinate die geschätzten Kosten darzustellen sind. Sowohl bei der numerischen als auch bei der graphischen Methode ist zu berücksichtigen, dass die Kosten lediglich geschätzt werden und die fachliche Bewertung (Nutzwertermittlung) von der subjektiven Einschätzung des Gutachters abhängen. Daraus ergeben sich für jedes Sanierungsszenario **Wahrscheinlichkeitsbereiche**, die ebenfalls darzustellen sind. Das Ergebnis ist durch eine Sensitivitätsanalyse zu überprüfen. Aus den Ergebnissen der Verknüpfung der monetären mit der nicht-monetären Bewertung kann eine **Rangordnung** der Szenarien (je Sanierungszone) abgeleitet werden. Wichtig bei allen Nutzen-Kosten-Betrachtungen ist die abschließende und nachvollziehbare Interpretation und Beurteilung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen sowie der getroffenen Annahmen in nachvollziehbarer Form. Dem Entscheidungsträger sind die wichtigen Gründe für die Wahl des Sanierungsszenarios zu nennen, insbesondere dann, wenn nicht die kostengünstigste Lösung vorgeschlagen wird.

# 9 Konkretisierung der Sanierungsziele

Im Rahmen der behördlichen Einzelfallentscheidung zum Sanierungsbedarf formuliert die Behörde nach Vorliegen der Ergebnisse der Detailuntersuchung und der gutachterlichen Empfehlungen vorläufige Sanierungsziele. Diese beschreiben den am Standort durch eine Sanierungsmaßnahme angestrebten Zustand. Basierend auf dem Erkenntnisfortschritt aus der hier durchgeführten Sanierungsuntersuchung sind diese in einem iterativen Prozess bezüglich des Verfahrens und des Geltungsortes gegebenenfalls anzupassen und final festzulegen.

Sanierungsziele können als konkrete Zahlenwerte (Sanierungszielwerte z. B. zu Konzentrationen, Frachten, Geometrien) festgelegt bzw. verbal beschrieben werden (z. B. Gefahrenabwehr für bestimmte Schutzgüter, Verhinderung der Ausbreitung einer Belastungsfahne, Verminderung des Eintrags in das Grundwasser, Schutz einer Trinkwassergewinnungsanlage oder eines Oberflächengewässers, Trendumkehr). Dabei ist zu beachten, dass sich fast alle verbalen Sanierungsziele in konkrete Konzentrationswerte übersetzen lassen.

## Sanierungszielwerte müssen nachprüfbare Angaben enthalten:

- Was ist durch eine Sanierungsmaßnahme zu erreichen (z. B. die Unterschreitung bestimmter Schadstoffkonzentrationen, -mengen, -frachten)?
- Wo sind diese nachzuprüfen (z. B. an einer bestimmten Grundwassermessstelle, an der Grundstücksgrenze, an der Fahnen spitze, einem Transekt, an der Sohle einer Baugrube)?
- Wann ist der Sanierungszielwert zu erreichen (z. B. nach spätestens 10 Jahren)?

Bei der Formulierung und Anpassung von Sanierungszielen ist insbesondere Folgendes zu beachten:

- Das Ziel von Sanierungsmaßnahmen ist eine Gefahrenabwehr im Sinne des § 4 Abs. 3 BBodSchG.
- Allgemeingültige Sanierungsziele existieren nicht. Dies bedeutet, dass Sanierungsziele im Einzelfall unter Berücksichtigung der Standortbedingungen sowie geogener und anthropogener Hintergrundbelastungen festzulegen und zu begründen sind.
- Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA oder davon abgeleitete Werte können nur ein Anhaltspunkt zur Ableitung von Sanierungszielen sein. Eine Übernahme als Sanierungszielwert ohne Einzelfallbezug und Begründung ist nicht zulässig [9].
- Zur Ableitung von Sanierungszielwerten können auch die „Bewertungshilfen zur Gefahrenverdachtsermittlung von Sachsen“ herangezogen werden.

Die Aufrechterhaltung der bisher nur vorläufigen Sanierungsziele ist anhand der Ergebnisse der bisherigen Arbeitsschritte der Sanierungsuntersuchung zu prüfen. Die verfahrensspezifische Festlegung von Sanierungszielen/-zielwerten ist vor allem von der gewählten Sanierungsstrategie (also insbesondere einer Sicherung oder Dekontamination des Bodens bzw. Grundwassers) abhängig. Ist die Erreichung der vorläufigen Sanierungsziele mit den betrachteten Sanierungsszenarien nicht möglich oder unzumutbar bzw. unverhältnismäßig, so ist zu prüfen, ob man nach einer Anpassung der Sanierungsziele zu einem anderen Ergebnis in der Verhältnismäßigkeitsprüfung gelangt. Letztlich gilt es, eine Sanierungsmaßnahme oder Maßnahmenkombinationen zu finden, die einerseits einen möglichst weitgehenden Schutz der betroffenen Schutzgüter (Mensch, Grundwasser, Oberflächengewässer, Ökosysteme, Pflanze) ermöglicht und andererseits noch verhältnismäßig ist.

Kommt der Gutachter entsprechend den Arbeitsschritten 1-8 zu dem Ergebnis, dass das vorläufige Sanierungsziel nicht mit verhältnismäßigen Maßnahmen erreichbar ist, muss der Gutachter ein angepasstes, ggf. abgeschwächtes Sanierungsziel begründet vorschlagen. Durch die Behörde sind diese Ergebnisse und

Empfehlungen zu prüfen und damit die Notwendigkeit der Änderung der Sanierungsziele festzustellen und angepasste Sanierungsziele festzulegen.

Die Anpassung des Sanierungsziels kann beispielsweise wie folgt erreicht werden:

- Tolerierung von erhöhten Schadstoffkonzentrationen oder -frachten im Grundwasser,
- Alternative Festlegung von Frachten anstelle von Konzentrationswerten an Bilanzebenen,
- Auswahl anderer, ggf. weiter entfernter Messstellen, an denen die Sanierungsziele einzuhalten sind,
- Verlängerung des Zeitraums zur Erreichung von Sanierungszielen,
- Einbeziehung von MNA (vgl. Punkt 5.2.5).

Wurde das Sanierungsziel so bestimmt, dass mit verhältnismäßigen Mitteln keine vollständige Gefahrenabwehr erreicht wird, muss geprüft werden, ob zusätzlich Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich sind (z. B. Nutzungsbeschränkungen), um verbleibende Gefahren abzuwenden.

Nach der Anpassung der vorläufigen Sanierungsziele kann sich der Wiedereinstieg in die Bearbeitung der Sanierungsuntersuchung ab Arbeitsschritt 2 (Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsverfahren) oder 5 (Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich der Abschätzung der Sanierungsdauer) ggf. als erforderlich erweisen.

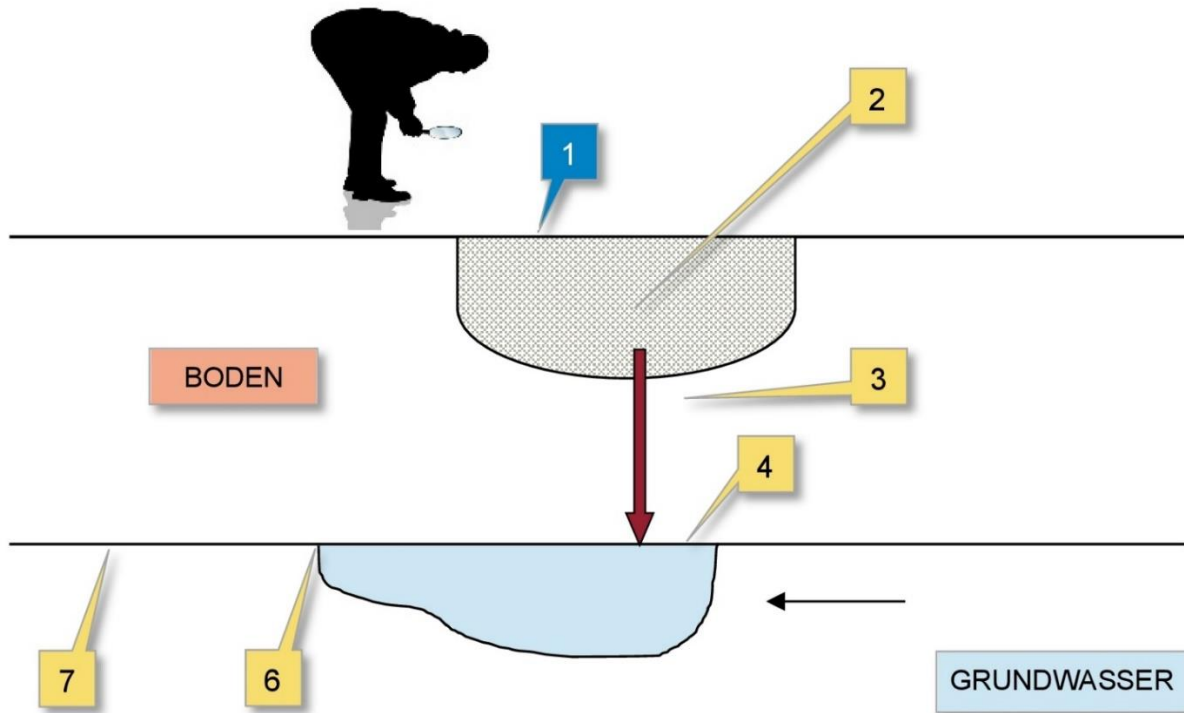
Die Einteilung der Sanierungszonen ist vor dem Hintergrund der angepassten vorläufigen Sanierungsziele zwingend zu prüfen, da beides, vorläufige Sanierungsziele und Einteilung der Sanierungszonen die Auswahl der grundsätzlich geeigneten Sanierungsverfahren beeinflussen. Anschließend ist zu prüfen und mit der Behörde abzustimmen, in welchem Umfang eine Wiederholung der Bearbeitung der Arbeitsschritte 3 – 8 erforderlich ist. Gegebenenfalls ist eine verkürzte Form ausreichend. Unter Zugrundelegung des angepassten Sanierungsziels ist erneut eine Eignungsprüfung vorzunehmen und erneut eine erforderliche Variante oder Maßnahmenkombination auszuwählen. Das beschriebene Prozedere ist solange durchzuführen, bis eine angemessene Sanierungsvariante festgestellt wird.

Das endgültige, mit verhältnismäßigen Mitteln erreichbare Sanierungsziel ist durch die Behörde verbindlich festzulegen.

Konnte im Ergebnis der Bearbeitungsetappe III – Abschließende Auswahl standortspezifischer Sanierungsvarianten (Verhältnismäßigkeitsbetrachtung) ein Sanierungsszenario als verhältnismäßig eingeschätzt werden, so sind die vorläufigen Sanierungsziele dahingehend zu prüfen, ob sie verfahrensspezifisch zu konkretisieren / weiter zu untersetzen sind, ohne dabei die grundsätzliche Eignung in Frage zu stellen.

Die Orte zur Festlegung der Sanierungsziele sind standortkonkret und überprüfbar festzulegen. Folgende Beispiele beschreiben mögliche Orte (vgl. auch Abbildung 11):

- Der Sanierungszielwert für den Wirkungspfad Boden-Mensch wird am Ort der Nutzung festgelegt (Fall 1).
- Zur Abgrenzung eines auszukoffernden Bodenbereiches ist der Sanierungszielwert im kontaminierten Bereich zu definieren (Fall 2).
- Bei ausschließlicher Betroffenheit des Wirkungspfades Boden-Grundwasser kann die Angabe einer Sickerwasserkonzentration im ungesättigten Bereich unterhalb der Altlast (Fall 3) bzw. an der Kontaktstelle zwischen ungesättigter und gesättigter Zone (Fall 4) erfolgen.
- Bei der Anwendung von Sanierungsmaßnahmen im Grundwasser wird der Sanierungszielwert nicht im Boden, sondern direkt im Grundwasser an konkreten Stellen festgelegt (Fall 5 bzw. 6 bzw. 7).



**Abbildung 11: Mögliche Fälle für Geltungsorte von Sanierungszielwerten**

Bei einer Anpassung der Sanierungsziele ist zu berücksichtigen, dass

- das dann gewählte Sanierungsverfahren noch die nachgewiesene Gefahr bzw. den nachgewiesenen Schaden beseitigen oder auf ein akzeptables Maß reduzieren kann,
- das Sanierungsziel auf die vorhandene und planungsrechtlich zulässige Nutzung des Schutzgutes abgestellt ist,
- eine Unterschreitung der Gefahrenschwelle sichergestellt sowie eine dauerhafte Wirksamkeit und Umweltverträglichkeit der Sanierungsmaßnahme gewährleistet ist und
- die Sanierungsziele verfahrensbezogen mit Angabe des konkreten Geltungsortes formuliert werden können.

# 10 Sanierungsvorschlag

## 10.1 Dokumentation (3. Zwischenbericht)

Das Ergebnis der Sanierungsuntersuchung in den Arbeitsschritten 1 - 3 (zusammenfassend) sowie 4-9 (ausführlich) ist in einem zusammenfassenden **3. Zwischenbericht** darzustellen. Dieser soll optional auch die schrittweise Anpassung des Sanierungsziels (Arbeitsschritt 9) begründet dokumentieren. Ebenso müssen möglicherweise notwendige Schutz- und Beschränkungs- sowie Überwachungsmaßnahmen Bestandteil des Berichts sein.

Auf der Grundlage der abschließenden Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten (Kapitel 8) sowie der Konkretisierung der Sanierungsziele (Kapitel 9) sind unter Berücksichtigung der über den gesamten Bearbeitungsablauf mit allen Beteiligten geführten Gespräche und der getroffenen Vereinbarungen sämtliche Aspekte für den vorliegenden Sanierungsfall kritisch gegeneinander abzuwägen, um zu einem **begründeten Sanierungsvorschlag** (Arbeitsschritt 10) zu gelangen. Das vom Gutachter bevorzugte Sanierungsszenario sowie auch die von ihm vorgenommene Rangfolge ist ausführlich zu begründen. Die Anzahl der Sanierungsvorschläge sollte nach Möglichkeit so groß sein, dass bei einem nachträglichen Ausscheiden eines Szenarios auf Alternativvorschläge zurückgegriffen werden kann.

Mit dem Sanierungsvorschlag (Arbeitsschritt 10) wird vom Gutachter die nach seiner Meinung geeignetste Konzeption zur Sanierung der verschiedenen Sanierungszonen beschrieben. Damit die zuständige Ordnungsbehörde eine Prüfung des Sanierungsvorschlages vornehmen kann, müssen unter Berücksichtigung der schon in den ersten beiden Zwischenberichten erfolgten Ausführungen, die Ergebnisse folgender Arbeitsschritte vorgelegt werden:

### I - Grundlagenermittlung / Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten

Arbeitsschritt 1: Grundlagenermittlung (Bestandsaufnahme)

Arbeitsschritt 2: Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten entspr. Anhang 3 BBodSchV

### II - Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen

Arbeitsschritt 3: Vorbereitung, Durchführung, Dokumentation und Auswertung der verfahrensbedingter Standortuntersuchungen

### III - Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten / Sanierungsziele

Arbeitsschritt 4: Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien

Arbeitsschritt 5: Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich der Abschätzung der Sanierungsdauer

Arbeitsschritt 6: Durchführung einer Kostenschätzung

Arbeitsschritt 7: Prüfung der Erforderlichkeit

Arbeitsschritt 8: Prüfung der Angemessenheit

Arbeitsschritt 9: Konkretisierung der Sanierungsziele

Die Begründung des Sanierungsvorschlages muss eindeutig sein und darüber hinaus deutlich auf noch bestehende Unsicherheiten bzw. getroffene Annahmen hinweisen. Außerdem sollten vom Gutachter alle relevanten Hinweise (u.a. planerische Anforderungen, Genehmigungsanforderungen, Rechte Dritter) beigefügt werden, die die zuständige Behörde für ihre Entscheidung über das im Einzelfall geeignete und angemessene Sanierungsszenario benötigt.

Der Sanierungsvorschlag mit den zuvor genannten Inhalten ist fachgerecht in einem 3. Zwischenbericht entsprechend der im Anhang beigefügten Mustergliederung zu dokumentieren. Der Bericht ist in fachgerechter analoger und digitaler Form zu erarbeiten.

Die Plandarstellungen, Schnitte, Profilbilder, Prinzipdarstellungen und Textanlagen müssen geeignet sein, die gutachterlichen Ausführungen im Text nachvollziehbar zu stützen. Es wird zur besseren Nachvollziehbarkeit empfohlen, die Kostenschätzung in einem Kalkulationsprogramm (Bsp. Microsoft Excel) zu erstellen und in bearbeitbarer sowie prüfbarer Form der digitalen Berichtsfassung beizulegen.

## 10.2 Behördliche Entscheidung

Vor der Ausarbeitung des Sanierungskonzeptes (Arbeitsschritt 11) ist es die Aufgabe der zuständigen Behörde, den vom Gutachter vorgelegten Sanierungsvorschlag bezogen auf die in den einzelnen Arbeitsschritten angewendeten Kriterien und Anforderungen und abschließend die Zulässigkeit der Abweichung von vorläufigen Sanierungszielen zu prüfen. Hierbei sind u. a. genehmigungs- und planungsrechtliche Anforderungen sowie die Belange anderer Rechtsgebiete (Wasserrecht, Immissionsschutzrecht, Bergrecht, Arbeitsschutz, Baurecht, Naturschutzrecht, Rechte/Pflichten Dritter) zu berücksichtigen.

Es empfiehlt sich, dass der Gutachter vor der behördlichen Entscheidung sämtliche Ergebnisse der Sanierungsuntersuchung ausführlich allen Beteiligten vorstellt. Dies dient vor allem der Klärung von Fragen und Diskussion zu relevanten rechtlichen und fachlichen Punkten. Es empfiehlt sich, bei der Präsentation die Empfehlungen, Forderungen und Wünsche der Beteiligten aufzunehmen, um diese bei der Erarbeitung des Sanierungskonzeptes und der weiteren Sanierungsplanung berücksichtigen zu können. Sollte sich aus der Präsentation ergeben, dass der vom Gutachter vorgestellte Sanierungsvorschlag von den Beteiligten nicht bzw. nur zum Teil akzeptiert wird, ist vom Gutachter in Abstimmung mit dem Verpflichteten und der zuständigen Behörde ggf. eine erneute Bearbeitung von Teilen der Sanierungsuntersuchung vorzunehmen.

Art und Umfang der Bearbeitung ist vom Auftraggeber bzw. dem Verpflichteten bzw. von der zuständigen Behörde eindeutig vorzugeben. Auf einer weiteren Informationsveranstaltung sind gegebenenfalls die Betroffenen, interessierte Bürger, die Presse über den abgestimmten Sanierungsvorschlag zu informieren. Eine breite Akzeptanz des Sanierungsvorschlages verhindert, dass während der Sanierungsplanung eine erneute Überarbeitung vorgenommen werden muss.

**Auf der Grundlage des gutachterlichen Sanierungsvorschlages sowie den Ergebnissen der durchgeführten Abstimmungen mit den Beteiligten und deren Vorgaben, Ergänzungen und Hinweise kann das abschließende Sanierungskonzept erstellt werden.** Mit der Entscheidung zum Sanierungsvorschlag sind von der zuständigen Behörde auch die endgültigen Sanierungsziele verbindlich festzulegen.



# 11 Sanierungskonzept (Endbericht)

Auf der Grundlage des gutachterlichen Sanierungsvorschlages und der von der zuständigen Ordnungsbehörde getroffenen Entscheidung wird in Abstimmung mit dem Verpflichteten das Sanierungskonzept erarbeitet. Dieses stellt für den jeweiligen Einzelfall die am besten geeignete und verhältnismäßige Sanierungskonzeption zur Gefahrenabwehr dar.

Es ist Aufgabe des Gutachters, den festgelegten Sanierungsvorschlag im Zuge der weiteren Vorplanung inhaltlich und zeichnerisch in ein Sanierungskonzept zu überführen. Hierfür sind sämtliche fachlichen, rechtlichen und planerischen Zusammenhänge, Vorgaben und Bedingungen zu klären und bei der Konzepterstellung zu berücksichtigen.

Ziel ist die konzeptionelle Ausarbeitung des ausgewählten Sanierungsszenarios bezogen auf alle Vor-, Kern-, Verfahrens- und baubegleitenden sowie Folgeleistungen der Sanierungsmaßnahme. Die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit wurde bereits bei der Erarbeitung geeigneter Sanierungsszenarios geklärt. Bei der Erarbeitung des Sanierungskonzeptes ist zu klären, welche öffentlich-rechtlichen Genehmigungsverfahren erforderlich sind.

Auch die bereits in den vorangegangenen Arbeitsschritten ausgearbeiteten Teilergebnisse sind zu nutzen und einzufügen. Das Sanierungskonzept sollte folgende **Schwerpunkte** abdecken:

## Zusammenfassung der standortspezifischen Ausgangssituation

- Darstellung der Standortsituation mit Beschreibung der Kontaminationen, der Gefahrenlage sowie den betroffenen Schutzgütern und Wirkungspfaden,
- Darstellung der schutzgutspezifisch festgelegten Sanierungsziele sowie deren Zuordnung zu den Sanierungszonen,
- Angaben zur bisherigen bzw. zukünftigen Nutzung (mit Plänen),
- Auflistung aller dem Ergebnis zugrundeliegenden Gutachten,
- Auflistung aller erforderlichen Duldungen, Verträge, Erlaubnisse und sonstiger behördlicher Genehmigungen sowie
- Auflistung der zu beteiligenden Behörden und sonstigen Institutionen.

## Darstellung der Sanierungsmaßnahme

- Beschreibung, Begründung und Darstellung der unterschiedlichen Sanierungszonen in Übersichtslageplänen mit Angabe der Flächen und Massen,
- Konzeption und Erläuterung des vorgesehenen technischen Ablaufes der Sanierungsmaßnahme mit Nachweis der grundsätzlichen Eignung,
- Übersicht über den Ablauf aller Bauplanungs- und Bauausführungsmaßnahmen,
- Erstellung eines Arbeitsverzeichnisses (Vorgangsliste),
- Darstellung und Begründung von ggf. vorgesehenen Ausführungsphasen,
- ggf. Empfehlungen für zeitlich befristete Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie Darstellung aller Randbedingungen und Konsequenzen bei deren Umsetzung,
- zeichnerische Darstellung der wesentlichen Maßnahmen in Übersichtsplänen, ggf. in Übersichtsprofilschnitten,
- Anforderungen an das Arbeitsschutz- und Sicherheitskonzept und Darstellung der daraus resultierenden Anforderungen an die technischen, organisatorischen und zeitlichen Abläufe,

- Angaben zum Bodenmanagement (z.B. Auskoffnung, Wiedereinbau, Verwertung und Beseitigung),
- Angaben der Massen für eine Boden-/Materialbehandlung und/oder Umlagerung sowie der zu sichernden Flächen bzw. der Volumina für die Sicherung,
- Darstellung aller anfallenden Abfallmengen, der Überwachungsbedürftigkeit nach KrWG und der Entsorgungswege getrennt nach Verwertung und Beseitigung,
- Darstellung der sanierungsbegleitenden Untersuchungen; Probenahme und Analytik im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung bei Arbeits- und Immissionsschutz, Bodenmanagement, Sanierungsverfahren, Baumaterialien etc. (Beprobungsparameter, -häufigkeit, -genauigkeit, -bedingungen, Messstellen, Abnahmeschritte, -kriterien etc.),
- Darstellung des Nachsorgekonzeptes mit Angaben zu Langzeitüberwachung, -betrieb und -unterhaltung (Art und Anzahl der Probenahme, Messstellen, Mess- und Analysebedingungen, Beprobungsrhythmus, Wartungshäufigkeit etc.).

### Darstellung der Zulassungserfordernisse und sonstigen Rahmenbedingungen

- genehmigungsrechtliche Erfordernisse (Art der Genehmigungen/Erlaubnisse, Antragsinhalte sowie Zeit- und Kosten),
- Erläuterung sonstiger Planungen, Randbedingungen und Einschränkungen bei und nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen (z. B. B-Plan),
- Vorschläge zu Inhalt und Vorgehensweise zum Abschluss von Regelungen zur Berücksichtigung von Rechten Dritter oder Duldungen,
- Darstellung des Öffentlichkeitskonzeptes.

### Zeitplan, Kostenschätzung und Projektmanagement

- Zeitplan für die gesamte Maßnahme auf Grundlage der Vorgangsliste mit Angaben zu Sanierungsplan, -planung, Vergabe, Durchführung, Abschluss bzw. Nachsorge (Langzeitüberwachung und -unterhaltung) als Balkenplan oder bei komplexen Maßnahmen als Vorgangsknoten-Netzplan sowie Festlegung von Meilensteinen,
- Abschätzung eines groben Bauzeitenplanes mit Hinweis auf kritische Komponenten,
- Erstellung einer aktuellen Kostenschätzung unter Berücksichtigung aller o.g. Informationen (Kap. 7),
- Darstellung des vorgesehenen Qualitätsmanagements.
- Es ist die Aufgabe der zuständigen Ordnungsbehörde, das erarbeitete Sanierungskonzept abschließend zu prüfen. Bei der Prüfung sind insbesondere zu berücksichtigen:
- genehmigungsrechtliche Anforderungen,
  - bodenschutzrechtliche Genehmigungen (BBodSchG),
  - abfallrechtliche Genehmigungen (KrWG),
  - wasserrechtliche Genehmigung / Erlaubnis (WHG, SächsWG),
  - Baugenehmigungen,
  - emissions- und immissionsschutzrechtliche Erfordernisse (BImSchG),
- planerische Anforderungen aus städtebaulichen Erwägungen, Bauleitplanung etc.,
- Belange anderer Behörden (Landschaftsbau, Tiefbau, Kanalbau, Straßenbau, Stadtentwicklung, Liegenschaft, Wirtschaftsförderung, Naturschutz etc.),
- Belange von Versorgungsträgern (Strom, Wasser, Gas, Telefon),

- Rechte/Pflichten Dritter (insbesondere bei bewohnten Altlasten bzw. einer Vielzahl unmittelbar Betroffener),
- erforderliche Duldungen Dritter (beispielsweise Zuständigkeiten von Versorgungsträgern, Eigentümern von benötigten Zuwegungen etc.) sowie
- überregionale Planungsinstitutionen (Landesämter, Entwicklungsagenturen, Handelskammern etc.).

Gegebenenfalls ist das Sanierungskonzept allen Betroffenen im Rahmen einer Informationsveranstaltung zu erläutern. Bei komplexen Sanierungsmaßnahmen sollten aus Akzeptanzgründen neben den unmittelbar Betroffenen auch die mittelbar Betroffenen über das Sanierungskonzept informiert werden. Mit der Vorlage des festgestellten Sanierungskonzeptes ist der grundsätzliche Ablauf der Sanierungsmaßnahme beschrieben.

Das Gutachten zur Sanierungsuntersuchung (Endbericht – Sanierungskonzept) enthält ausführlich und übersichtlich sämtliche Vorgaben, Untersuchungen, Ergebnisse und Empfehlungen, sodass von den Beteiligten alle Bearbeitungsschritte nachvollzogen werden können. Auf der Grundlage des Gutachtens muss der Verpflichtete in der Lage sein, die Sanierungsplanung erarbeiten zu können. Eine umfangreiche Dokumentation einschließlich sämtlicher Teilergebnisse, Zeichnungen etc. ist auch vor dem Hintergrund wichtig, dass unter Umständen mit der Erstellung der Sanierungsplanung sowie des Sanierungsplanes ein anderer Gutachter beauftragt wird. Die beigefügte Mustergliederung wird für die Erarbeitung des Sanierungskonzeptes empfohlen.

Die Festlegung des Sanierungskonzeptes sollte in jedem Fall in einer verbindlichen Form erfolgen, um für alle Beteiligten die Grundlage für die weitere Sanierungsplanung zu schaffen.

# 12 Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999): Bundes-Bodenschutzgesetz
- [2] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
- [3] HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2008): Handbuch Altlasten, Band 3 Teil 6: Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser
- [4] KORA (2008): BMBF-Förderschwerpunkt „Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden“, Handlungsempfehlungen.
- [5] LABO (2015): Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz - Ständiger Ausschuss Altlasten – ALA, Ad-hoc Unterausschuss „Natürliche Schadstoffminderung“, Positionspapier vom 15.09.2015.
- [6] LEISTUNGSBUCH ALTLASTEN UND FLÄCHENENTWICKLUNG (2015): <http://www.leistungsbuch.de/>
- [7] STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2016): Unterlagen zum Arbeitstreffen ARGE AFC Sachsen / SMUL am 15.12.2016
- [8] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2010): Projekthandbuch zur Altlastenfreistellung in Sachsen, Stand: Dezember 2010 (aktualisiert Januar 2018)
- [9] INGENIEURTECHNISCHER VERBAND FÜR ALTLASTENMANAGEMENT UND FLÄCHENRECYCLING E.V. (ITVA) (11/2018): H1-16 Verhältnismäßigkeitsprüfung bei der Sanierungsuntersuchung
- [10] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (unveröffentlicht): Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 10: Überwachung
- [11] DIN 276:2018-12

# Anhang

## Anhang 1: Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 1 – Grundlagenermittlung / Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Anlagenverzeichnis

### 1.) Einleitung

- Veranlassung,
- Aufgabenstellung / Zielsetzung,
- Fachlich Beteiligte und deren Zuständigkeiten.

### 2.) Unterlagen / Ortsbegehung

- Nennung aller relevanten Unterlagen / durchgeführten Untersuchungen / sonstiger Gutachten (z.B. aktuelles Grundwassermonitoring),
- Quellen- und Literaturverzeichnis,
- Dokumentation der Ortsbegehung.

### 3.) Konzeptionelles Standortmodell

- Standortsituation,
  - Lage / Grenzen,
  - Geografie,
  - Topografie,
  - Zugehörigkeit (Eigentümer, Flurstücke, Gemarkung, Gemeinden, u.a.),
  - Standorthistorie / Nutzungsgeschichte,
  - Infrastruktureinrichtungen,
  - Lage zu Schutzgebieten,
- aktuelle, künftige, planungsrechtlich zulässige Nutzung,
  - aktuelle Standortnutzung / gegenwärtiger Zustand / Bebauung / Versiegelung,
  - künftige / geplante Nutzung,
  - planungsrechtlich zulässige Nutzung,
  - Umfeldnutzung (aktuell / künftig),
- Geologie / Hydrogeologie,
  - Geologie,
  - Hydrogeologie inkl. Messstellenbestand,
  - Hydrologie,
  - Klima,

- Schadstoffsituation (Inventare / Quellstärken / Abgrenzung / Bilanzebenen / Freisetzungsraten / Frachten),
  - Schadstoffsituation im Boden,
  - Schadstoffsituation in der Bodenluft,
  - Schadstoffsituation im Grund- und Sickerwasser,
  - Schadstoffsituation im Oberflächenwasser,
  - Schadstoffsituation in Gebäuden / Räumen / etc.,
- Natürliches Abbaupotential / Milieuverhältnisse,
  - relevante Parameter,
  - nachgewiesene Prozesse,
- Untergrundprozesse,
  - Erläuterung des allgemeinen Prozessverständnisses,
  - Prognosen.

#### 4.) Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung

- Bewertungskriterien,
- Randbedingungen der Bewertung,
- Eigenschaften der Hauptkontaminanten,
- relevante Wirkungspfade,
- betroffene Schutzgüter,
- Expositionen,
- vorläufige Sanierungsziele / Geltungsort.

#### 5.) Kenntnisdefizite zum Standortmodell / zur Gefährdungsabschätzung

- Kenntnisdefizite zum Standortmodell,
- Kenntnisdefizite zur Gefährdungsabschätzung,
- Gutachterliche Empfehlung zum Umgang mit den Defiziten.

#### 6.) Festlegung von Sanierungszonen.

- räumliche Abgrenzung, Charakteristik, Begründung der Notwendigkeit (verschiedene Schadherde, ...).

#### 7.) Vorauswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsverfahren

- Nennung sämtlicher, für das Schadensbild grundsätzlich geeigneter Sanierungstechniken / -verfahren (Schadstoff, Boden, Bodenluft, Grundwasser, ...),
- Auswahlkriterien und Randbedingungen,
- Auswahlverfahren.

#### 8.) Defizitanalyse Sanierungsverfahren

## 9.) Handlungsbedarf / Bearbeitungskonzept für verfahrensbedingte Standortuntersuchungen

- Ausweisung und Begründung der zu erhebenden Daten / Informationen,
- Untersuchungsstrategie / Umfangs von technischen / laborativen / sonstigen Untersuchungen und Recherchearbeiten,
- Priorisierung der Vorversuche,
- Untersuchungsprogramm / -konzeption,
- Qualitätssicherung,
- Zeit- und Kostenplanung,
  - der Standortuntersuchungen,
  - der Weiterbearbeitung der Sanierungsuntersuchung,
- Arbeitsplan.

## **Anhang 2: Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 2 – Verfahrensbedingte Standortuntersuchungen**

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Anlagenverzeichnis

Unterlagenverzeichnis

### 1.) Einleitung

- Veranlassung,
- Aufgabenstellung / Zielsetzung,
- Fachlich Beteiligte und deren Zuständigkeiten.

### 2.) Untersuchungsprogramm

- Geplantes Untersuchungsprogramm,
- Priorisierung / Zeitplanung,
- Angepasstes Programm (Begründung für Abweichungen vom geplanten Programm).

### 3.) Vorbereitung / Durchführung

- Vorbereitende Arbeiten (Ausschreibungen / Vergaben, Genehmigungen, Erlaubnisse, Abstimmungen, sonstige),
- Dokumentation der Durchführung (entsprechend der zeitlichen Reihenfolge, der entsprechend Zielstellung, dem jeweiligen Medium, den einzelnen technischen Untersuchungsformen oder entsprechend einer anderweitigen nachvollziehbaren Struktur),
- Qualitätssicherung / Arbeitsschutz / Entsorgungsarbeiten,
- Probleme / besondere Vorkommnisse,
- Änderungen des Untersuchungsprogrammes oder der Reihenfolge / Priorität.

### 4.) Ergebnisse

- Darstellung und Erläuterung der Ergebnisse bezogen auf das jeweilige Medium, der technischen Untersuchungsmethode und / oder der Zielstellung,
- Bewertung der Ergebnisse,
- Aktualisierung des Kenntnisstandes,
  - Standortmodell,
  - Gefährdungsbewertung,
  - Grundsätzlich geeigneten Sanierungsverfahren,
- Aktualisierung Defizitanalyse (Umgang mit verbliebenen Defiziten / Risikobewertung).

### 5.) Handlungsbedarf

- Ausweisung und Begründung des weiteren Handlungsbedarfes (weitere verfahrensbedingte Standortuntersuchungen / Fortführung Sanierungsuntersuchung / Abbruch Sanierungsuntersuchung).



# **Anhang 3: Mustergliederungen Gutachten SU – Zwischenbericht 3 – Abschließende Auswahl standortspezifisch geeigneter Sanierungsvarianten / Sanierungsziele / Sanierungsvorschlag**

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Anlagenverzeichnis

Unterlagenverzeichnis

## 1.) Einleitung

- Veranlassung,
- Aufgabenstellung / Zielsetzung,
- Fachlich Beteiligte und deren Zuständigkeiten.

## 2.) Zusammenfassung standortspezifischer Ausgangssituation

- Umfang in Abhängigkeit von der zeitlichen Differenz zum Stand der Grundlagenermittlung, Auswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungsvarianten und Ergänzender Standortuntersuchungen,
- Kurzdarstellung der Standortangaben (Lage, Grenze, Geo- und Totografie, Eigentümer, Flurstücke, gegenwärtige Nutzung, Geo- und Hydrogeologie, Lage zu Schutzgebieten),
- Kurzdarstellung der Schadens- und Gefährdungssituation (Schadherd, relevante Wirkungspfade, betroffene Schutzgüter, Schadstoffkonzentrationen, räumliches Ausmaß, vorläufige Sanierungsziele).

## 3.) Planungsrandbedingungen

- Rechtliche Rahmenbedingungen (Sanierungszonen, -zielwerte; Einleitkriterien, Einbaukriterien, etc.),
- Bestandsschutz / Restriktionen,
- Planungsabsichten des Grundstückseigentümers.

## 4.) Erarbeitung standortspezifischer Sanierungsszenarien

- Möglichkeiten zur Sanierungsdurchführung, bezogen auf ein geeignetes Sanierungsverfahren bzw. eine Verfahrenskombination (unterteilt nach den Sanierungszonen unter Berücksichtigung der einzelnen Schutzgüter),
- Auswahlkriterien (Realisierbarkeit, grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit, Ausschreibungsfähigkeit),
- Nennung standortspezifischer Szenarien.

## 5.) Fachliche Bewertung der Sanierungsszenarien einschließlich der Abschätzung der Sanierungsdauer

- Bewertungskriterien,
- Abschätzung der Sanierungsdauer,
- Verbalargumentative Bewertung,
- Nutzwertbezogene Bewertung.

## 6.) Kostenschätzung

- Je Sanierungsszenario, untersetzt für einzelne Leistungsbereiche (Vor-, Kern-, Bau- und verfahrensbegleitende Leistungen, Folgeleistungen, Nachsorge),
  - Summe der Kosten je Szenario und vergleichende Betrachtung.

## 7.) Erforderlichkeit

- Prüfung und Ausweisung des „mildesten Mittels“.

## 8.) Angemessenheit

- Kosten-Nutzen-Betrachtung zu den Sanierungsszenarien mit Ableitung eines Rankings.

## 9.) Konkretisierung der Sanierungsziele

- vorläufige Sanierungsziele,
- Erreichbarkeit der Sanierungsziele in den betrachteten Szenarien,
- Verfahrens- / szenarienbezogene Konkretisierung von Sanierungszielen / -werten mit Angabe des Geltungsortes,
- Überprüfung der Sanierungsszenarien anhand der konkretisierten Sanierungsziele / -werte,
- Festlegung von endgültigen Sanierungszielen (Höhe, Medium) evtl. in Abhängigkeit vom Verfahren,
- Festlegung des Geltungsortes.

## 10.) Sanierungsvorschlag

- Abwägung sämtlicher Aspekte,
- Ausschluss nicht vertretbarer Szenarien,
- Nachvollziehbare Begründung eines Sanierungsvorschlages zur Gesamtmaßnahme unter Nennung aller Randbedingungen und Darstellung der zeitlichen und räumlichen Abläufe.

## 11.) Weitere Empfehlungen des Gutachters

- Alternativen, bei Änderung von Randbedingungen,
- Defizite,
- Nachsorgeprogramm / Beweissicherung,
- Sonstiges.

## Anhang 4: Mustergliederungen Gutachten SU – Endbericht –Sanierungskonzept

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Anlagenverzeichnis

Unterlagenverzeichnis

### 1.) Einleitung

- Veranlassung,
- Aufgabenstellung / Zielsetzung,
- Fachlich Beteiligte und deren Zuständigkeiten und sonstige Institutionen.

### 2.) Zusammenfassung standortspezifischer Ausgangssituation

- Darstellung der Standortsituation mit Beschreibung der Kontaminationen, der Gefahrenlage sowie den betroffenen Schutzgütern und Wirkungspfaden,
- Darstellung der schutzgutspezifisch festgelegten Sanierungsziele sowie deren Zuordnung zu den Sanierungszonen,
- Angaben zur bisherigen bzw. zukünftigen Nutzung (mit Plänen),
- Auflistung aller dem Ergebnis zugrundeliegenden Gutachten,
- Auflistung aller erforderlichen Duldungen, Verträge, Erlaubnisse und sonstiger behördlicher Genehmigungen.

### 3.) Darstellung der Sanierungsmaßnahme

- Beschreibung, Begründung und Darstellung der unterschiedlichen Sanierungszonen in Übersichtslage-plänen mit Angabe der Flächen und Massen,
- Konzeption und Erläuterung des vorgesehenen technischen Ablaufes der Sanierungsmaßnahme mit Nachweis der grundsätzlichen Eignung,
- Übersicht über den Ablauf aller Bauplanungs- und Bauausführungsmaßnahmen,
- Erstellung eines Arbeitsverzeichnisses (Vorgangsliste),
- Darstellung und Begründung von ggf. vorgesehenen Ausführungsphasen,
- ggf. Empfehlungen für zeitlich befristete Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sowie Darstellung aller Randbedingungen und Konsequenzen bei deren Umsetzung,
- zeichnerische Darstellung der wesentlichen Maßnahmen in Übersichtsplänen, ggf. in Übersichtsprofilschnitten,
- Anforderungen an das Arbeitsschutz- und Sicherheitskonzept und Darstellung der daraus resultierenden Anforderungen an die technischen, organisatorischen und zeitlichen Abläufe,
- Angaben zum Bodenmanagement (z.B. Auskoffnung, Wiedereinbau, Verwertung und Beseitigung),
- Angaben der Massen für eine Boden-/Materialbehandlung und/oder Umlagerung sowie der zu sichernden Flächen bzw. der Volumina für die Sicherung,

- Darstellung aller anfallenden Abfallmengen, der Überwachungsbedürftigkeit nach KrWG und der Entsorgungswege getrennt nach Verwertung und Beseitigung,
- Darstellung der sanierungsbegleitenden Untersuchungen; Probenahme und Analytik im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung bei Arbeits- und Immissionsschutz, Bodenmanagement, Sanierungsverfahren, Baumaterialien etc. (Beprobungsparameter, -häufigkeit, -genauigkeit, -bedingungen, Messstellen, Abnahmeschritte, -kriterien etc.),
- Darstellung des Nachsorgekonzeptes mit Angaben zu Langzeitüberwachung, -betrieb und -unterhaltung (Art und Anzahl der Probenahme, Messstellen, Mess- und Analysebedingungen, Beprobungsrhythmus, Wartungshäufigkeit etc.).

#### 4.) Zulassungserfordernisse / Rahmenbedingungen

- genehmigungsrechtlichen Erfordernisse,
- Erläuterung sonstiger Planungen, Randbedingungen und Einschränkungen bei und nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen (z. B. B-Plan),
- Vorschläge zu Inhalt und Vorgehensweise zum Abschluss von Regelungen zur Berücksichtigung von Rechten Dritter oder Duldungen,
- Darstellung des Öffentlichkeitskonzeptes.

#### 5.) Zeitplan, Kostenschätzung und Projektmanagement

- Zeitplan für die gesamte Maßnahme auf Grundlage der Vorgangsliste mit Angaben zu Sanierungsplan, -planung, Vergabe, Durchführung, Abschluss bzw. Nachsorge,
- Abschätzung eines groben Bauzeitenplanes,
- Erstellung einer aktuellen Kostenschätzung,
- Qualitätsmanagement,
- Beweissicherung,
- Abfall- und Verwertungsmanagement,
- Arbeits- und Sicherheitskonzept.

## Anhang 5: Checkliste Erarbeitung von Sanierungsszenarien

### Allgemeine Standortbewertung

- Lage,
- Nutzungs- und Bebauungskonzept,
- Besitzverhältnisse, Betretungserlaubnisse, Nutzungsvereinbarungen, Umsiedlung, Evakuierung und Entschädigung,
- Verkehrsanbindungen (Straße, Schiene, Wasserweg) für den An- und Abtransport von Boden / Materialien / Geräten,
- vorhandene bzw. geplante Bebauung (zu erhaltende Bebauung, Beeinflussung von Bewohnern bzw. produzierenden Unternehmen, Begrenzung einer Geländeerhöhung),
- festgelegte Sanierungszonen,
- Bewertung anhand des konzeptionelles Standortmodells,
  - Eigenschaften des anstehenden Bodens (Durchlässigkeit, Kornaufbau, Feinkornanteil, Lagerungsdichte, Porosität, Quellfähigkeit, Huminstoffgehalt, Adsorptionsverhalten, Feuchtegehalt, Schichtenaufbau, Setzungsempfindlichkeit etc.),
  - Heterogenität des Untergrundes (u. a. bindige Schichten, organische Inhaltsstoffe, Schlackeanteil, Ascheanteil, Fundamente, Gebinde, Hohlräume, Aufschüttungen, Verfüllungen etc.),
  - Hydrogeologie (GW-Stockwerke, k-Werte der GW-Leiter, GW-Stand, Flurabstände, GW-Fließrichtung, GW-Fließgeschwindigkeit, GW-Führung, GW-Schwankungen),
  - Art der Schadstoffe und Schadstoffeigenschaften (u. a. Bindungsformen, Siede- und Verdampfungstemperatur, Bioverfügbarkeit, Ionisierungsgrad, Löslichkeit, Eluierbarkeit, Chlorierungsgrad, Anzahl der Benzolringe, Oxidationsstufe der Schwermetalle, Toxizität),
  - Schadstoffkombinationen, Schadstoffkonzentrationen, Konzentrationsverteilungen, Menge der Schadstoffe in den betroffenen Schutzgütern (Mensch, Boden / -luft, Grundwasser, Oberflächenwasser),
  - Lage der Kontamination (gesättigte/ungesättigte Zone, vertikale und horizontale Ausdehnung unter bzw. bei Gebäuden/Straßen/Leitungen),
  - Natürlicher Abbau,
  - Untergrundprozesse,
  - Vorhandene Kenntnisdefizite.

### Allgemeine Verfahrensbewertung

- Leistungsfähigkeit des Verfahrens bez. der vorläufigen Sanierungsziele bezogen auf die jeweiligen Schutzgüter (u. a. Reinigungsgrad, Restschadstoffgehalte, Teilabbau, Rückhaltevermögen),
- technische Durchführbarkeit (notwendige örtliche und bautechnische Veränderungen, Baustellenorganisation, bautechnische Umsetzung, Platzbedarf),
- Einsetzbarkeit als ex-situ oder in-situ Verfahren oder in Verfahrenskombinationen,
- Genehmigungsfähigkeit (relevante Rechtsbereiche, erforderliche Erlaubnisse, Genehmigungen, Zustimmungen oder sonstige behördliche Zulassungen, Genehmigungsaufgaben) sowie Akzeptanz bei Betroffenen sowie späteren Nutzern,

- Ausschreibungsfähigkeit (z. B. mengenbezogene oder funktionale Ausschreibung),
- Einfluss auf angrenzende/umliegende Bebauung (Schädigung durch Rammarbeiten, Grundwasserspiegelabsenkungen etc.),
- Einfluss auf die Standortnutzung sowie Nutzung des Umfeldes,
- Einfluss auf die Boden- und Grundwassereigenschaften (z. B. Setzungen, Gebäude- und Vegetationsschäden, Einfluss auf die Brauch- und Trinkwassergewinnung),
- weiterer Klärungsbedarf (Notwendigkeit von ergänzenden Vorversuchen, Lösung von Detailproblemen, Forschungs- und Entwicklungsbedarf etc.),
- Dauer mit Vorbereitung, Durchführung und Nachsorge,
- Unwägbarkeiten / Risiken (z. B. Witterungsabhängigkeit, Defizite zum Standort und zum Verfahren Baugrund, Rebound-Effekte).

### Standortspezifische Verfahrensbewertung

#### Vorbereitende Arbeiten

- Zugänglichkeit (Notwendigkeit des Aus- bzw. Neubaus von Baustellenstraßen der Verkehrswege),
- Statik / Standsicherheit,
- Baustelleneinrichtung (Platzbedarf, Logistik),
- infrastrukturelle Erschließung (Einrichtung von Elektro-, Gas- und Wasseranschlüssen, Kanalisation),
- Kampfmittelräumung,
- Rückbau/Abbruch von Gebäuden, Bauwerken und Fundamenten (Brechen, Separation, Aufbereitung, Entsorgung),
- Baufeldfreimachung (Beräumung von Freiflächen oder Gebäuden, Rodung von Grünflächen (Berücksichtigung der Baumschutzsatzung), Herstellung eines Planums etc.).

#### Kernleistungen

- Installation Sanierungsanlagen / Umbauarbeiten während der Sanierung,
- Infiltration von Reagenzien / Oxidationsmitteln / Nährstoffen (Art, Menge, Dauer),
- kontinuierlicher/diskontinuierlicher Betrieb (Notwendigkeit des Umsetzens/Neuaufbaus der Anlage),
- Bodenaushub (Baugrundrisiken, Fundamente, Ver- und Entsorgungsleitungen, einzusetzendes Gerät, Aushubmenge, Separation des Bodenaushubs etc.),
- Menge, Fläche und Tiefe des zu behandelnden Materials,
- Art und Menge der verbleibenden Reststoffe,
- Baugrubensicherung / Verbau,
- Bodentransport auf dem Standort (Mengen, Entfernungen, Transportwege, Transportgerät, behördliche Auflagen etc.),
- Wiedereinbau des gereinigten Bodens/Materials vor Ort (Baustellenorganisation, Mengen, bautechnische Eignung, Zulässigkeit bezogen auf nicht entfernte Schadstoffe),
- Bodenmanagement, d. h. Handhabung sämtlicher während der Sanierung anfallenden Aushub- und Rückbaumassen (Einteilung in Wiedereinbau-, Behandlungs-, Verwertungs- und Beseitigungsklassen; Zuordnungswerte nach LAGA, Deponieklassen, TA-Siedlungsabfall, TA-Abfall),

- Wasserhaltung (Belastungssituation des Grundwassers, Einleitbedingungen, Störstoffe für eine Behandlung, zu erwartende Pumpmenge etc.),
- Rekultivierung (Geländemodellierung, Aufbringen von kulturfähigem Boden, Begrünung etc.).
- Folgeleistungen
- Nachsorge: Langzeitüberwachung und Langzeitbetrieb (Überwachung von Schutzgütern, Betrieb von Anlagen zur Gas-, Sickerwasser- oder Grundwasserfassung und -behandlung, Funktionskontrolle von Anlagen etc.).
- Bau- und Verfahrensbegleitende Leistungen
- Arbeits- und Emissionsschutz sowie Sicherheitskonzept (Schwarz-Weiß-Anlage, Reifenwaschanlage, Teil- und/oder Vollschutz, arbeitsmedizinische Untersuchungen und Begleitung., Messungen etc.) und Notfallplan,
- Gutachterleistungen, Projektsteuerung, Planung, Bauleitung, Dokumentation,
- begleitende Analytik,
- Qualitätssicherung (Eigen-, Fremd- und behördliche Überwachung),
- Öffentlichkeitsarbeit (Pressemitteilungen, Bürgerversammlungen etc.).

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E- Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.lfulg.sachsen.de

**Autor:**

Arcadis Germany GmbH  
Könneritzstraße 29, 01067 Dresden  
Telefon: + 49 351 263588 0  
Telefax: + 49 351 48189667  
E-Mail: dresden@arcadis.com

**Redaktion:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Sebastian Bröse  
Abteilung 4, Referat 42  
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden  
Telefon: + 49 351 89284212  
Telefax: + 49 351 86284099  
E-Mail: sebastian.broese@smul.sachsen.de

**Fotos:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG);  
Antje Sohr

**Redaktionsschluss:**

11.11.2020

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

**Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de