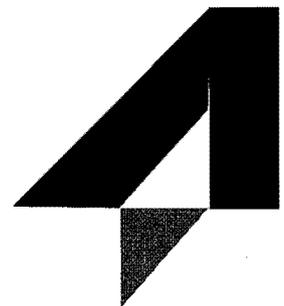


**ITVA**

**Handlungsempfehlung - H 1 - 1**

Dezember 2003

**Nachsorge und Überwachung  
von sanierten Altlasten**





# Nachsorge und Überwachung von sanierten Altlasten

## Inhalt

Vorbemerkungen	1
1 Kurzfassung	2
2 Einleitung	4
3 Rechtsgrundlagen und Zuständigkeiten	4
4 Begriffserläuterungen	6
4.1 Nachsorge	6
4.2 Nachsorgekonzept	7
4.3 Nachsorgeprogramm	7
4.4 Nachsorgemaßnahmen	7
4.5 Nachsorge im Anschluss an Dekontaminationsmaßnahmen	7
4.6 Nachsorge bei Sicherungsmaßnahmen	8
4.7 Nachsorge bei Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen	8
4.8 Behördliche Überwachung	8
4.9 Eigenkontrollmaßnahmen	10
4.10 Aufgaben während der Nachsorgephase	10
4.10.1 Langzeitbetrieb und -unterhaltung	11
4.10.2 Langzeiterhaltung	11
4.10.3 Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen	12
4.10.4 Überwachung der Wirkungspfade	12
5 Ablauf der Nachsorge	13
5.1 Vorgaben der zuständigen Behörde	16
5.2 Aufstellen des Nachsorgeprogramms durch den Verpflichteten	19
5.2.1 Langzeitbetrieb und -unterhaltung	20
5.2.2 Langzeiterhaltung	21
5.2.3 Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen	21
5.2.4 Überwachung der Wirkungspfade	24
5.2.5 Qualitätsmanagement	28
5.2.6 Arbeitsschutz	29
5.3 Umsetzung des Nachsorgeprogramms	30
5.3.1 Aufgaben der zuständigen Behörde	30
5.3.2 Durchführung der Nachsorge durch den Verpflichteten	32
5.3.3 Dokumentation und Auswertung	32

5.3.4	Interpretation von Messergebnissen	38
5.4	Bewertung und Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs durch die zuständige Behörde	41
6	Maßnahmen der Nachsorge in Abhängigkeit von den angewandten Sanierungsverfahren	42
6.1	Nachsorge im Anschluss an Dekontaminationsmaßnahmen	43
6.1.1	Bodenaustausch	43
6.1.2	Umlagerung von Bodenmaterial	44
6.1.3	Hydraulische Maßnahmen	45
6.1.4	Pneumatische Maßnahmen	46
6.1.5	Mikrobiologische In-situ-Maßnahmen	48
6.2	Nachsorge bei Sicherungsmaßnahmen	49
6.2.1	Oberflächenabdeckungen	49
6.2.2	Oberflächenabdichtungen	50
6.2.3	Dichtwände	54
6.2.4	Durchströmte Wände	56
6.2.5	Sickerwasserfassungs- und -behandlungsanlagen sowie Kapselbewirtschaftungsanlagen	58
6.2.6	Hydraulische Sicherungsmaßnahmen	59
6.2.7	Schutzentgasungs- und Schutzbelüftungsanlagen	60
7	Kosten der Nachsorge	62
7.1	Allgemeines	62
7.2	Kostenrelevante Nachsorgeelemente	63
7.3	Nutzungsdauer von Anlagen und Bauwerken	65
7.4	Kostenansätze für Elemente der Nachsorge	67
8	Literatur	69

Handlungsempfehlung - H 1 - 1

Dezember 2003

## **Nachsorge und Überwachung von sanierten Altlasten**

### **Vorbemerkungen**

Satzungsgemäß gehört die Mitwirkung bei der Erarbeitung von Regelwerken, Normen und gemeinsamen Handlungsempfehlungen sowie deren Fortschreibung zur Qualitätssicherung für die Fachgebiete Altlasten, Bodenschutz und Liegenschaftsrecycling zu den Aufgaben des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V. (ITVA). Die vielfältigen Fragestellungen der Arbeitsfelder werden in den Fachausschüssen des Verbandes bearbeitet.

Die Arbeitshilfen, Handlungsempfehlungen und Richtlinien des ITVA werden zunächst als Entwurf veröffentlicht. Durch Ankündigung in der Fachpresse erhalten alle interessierten Kreise die Möglichkeit, sich an einem öffentlichen Einspruchsverfahren zu beteiligen. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass unterschiedliche Meinungen vor Veröffentlichung der endgültigen Fassung berücksichtigt werden können.

Die vorliegende Handlungsempfehlung richtet sich an Sanierungspflichtige, Behörden, Gutachter, Projektentwickler und –träger, Investoren, Grundstückseigentümer, Sanierungsunternehmen, Wertermittler, die Kredit- und Versicherungswirtschaft sowie Stadtplaner. Sie soll die Planung und die Ausführung von Maßnahmen im Rahmen der Nachsorge und Überwachung von sanierten Altlasten unterstützen.

Die Handlungsempfehlung wurde durch den Arbeitskreis „Nachsorge“ im ITVA-Fachausschuss H1 „Technologien und Verfahren“ erarbeitet und inhaltlich im Verband sowie mit externen Fachleuten abgestimmt. Der Entwurf der Handlungsempfehlung wurde anschließend

durch den Arbeitskreis in Abstimmung mit dem ITVA-Fachausschuss H 1 abschließend bearbeitet und dem Vorstand des ITVA zur Verabschiedung vorgelegt. Spätestens im Jahr 2006 erfolgt die Überprüfung der Notwendigkeit einer Aktualisierung der Handlungsempfehlung. Bei Bedarf erfolgt eine Fortschreibung.

Die Anwendung der Handlungsempfehlung steht jedermann frei. Rechtliche Ansprüche aus der Anwendung ergeben sich nicht.

Die Erarbeitung der vorliegenden Handlungsempfehlung wurde finanziell durch eine Zuwendung aus dem Länderfinanzierungsprogramm „Wasser und Boden“ - Teil Boden - gefördert. Der Ingenieurtechnische Verband Altlasten bedankt sich bei der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz und der Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser für die Förderung dieses Projektes.

## **1 Kurzfassung**

Mit der vorliegenden Handlungsempfehlung „Nachsorge und Überwachung von sanierten Altlasten“<sup>1</sup> werden die Aufgaben des Verpflichteten und der zuständigen Behörde beschrieben, die nach erfolgten Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen bei Altlasten erforderlich sind. Dies sind insbesondere Betrieb, Erhaltung und Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen sowie das Überwachen der Wirkungspfade zur Kontrolle der dauerhaften Einhaltung der festgelegten Sanierungsziele und des wirksamen Schutzes der betroffenen Schutzgüter. Gemäß § 15 Abs. 2 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) können dem Verpflichteten Eigenkontrollmaßnahmen aufgelegt werden.

Überwachung, Eigenkontrolle und Nachsorge von sanierten Altlasten sind im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) geregelt und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) konkretisiert. Der Übergang zwischen den Altlastenbearbeitungsstufen „Sanierung“ und „Nachsorge“ ist im Bodenschutzrecht jedoch nicht eindeutig definiert. Bei Teilbereichen einer Altlast (Sanierungszonen) oder bei den jeweils betroffenen Umweltmedien kann die Sanierung zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeschlossen sein, so dass auch der Beginn der Nachsorgephase variiert.

---

<sup>1</sup> Zur Vereinfachung wird im folgenden Text die Überwachung dem Begriff "Nachsorge" zugeordnet.

Ausgehend von einer rechtlichen Einordnung und einer Beschreibung der Zuständigkeiten werden ein Nachsorgekonzept sowie ein Nachsorgeprogramm definiert und in die systematische Altlastenbearbeitung eingeordnet. Darüber hinaus werden Begriffserläuterungen zu verschiedenen Aspekten der Nachsorge, u.a. deren Beginn und Ende, den Maßnahmen im Einzelnen sowie den Aufgaben der Beteiligten, vorgenommen.

Als **Nachsorge** wird die Phase der Altlastenbearbeitung definiert, die nach einer Sanierungsmaßnahme (Dekontamination, Sicherung) bzw. einzelnen Sanierungsteilleistungen immer dann erforderlich ist, wenn aufgrund eines verbliebenen Schadstoffpotenzials eine langfristige Erhaltung der Wirksamkeit und Funktionsfähigkeit der Bauwerke und Anlagen und / oder eine Überwachung der Wirkungspfade notwendig ist. Nachsorge setzt voraus, dass aktuell keine Gefahr mehr besteht und beinhaltet auch alle erforderlichen Überwachungstätigkeiten, um zukünftig entstehende Veränderungen der Standortrandbedingungen und der Schadstoffausbreitung über die maßgebenden Wirkungspfade zu den (ursprünglich) betroffenen Schutzgütern im Hinblick auf das Entstehen neuer oder das Umschlagen latenter Gefahren kontrollieren zu können.

Die technischen und administrativen Maßnahmen sind grundsätzlich einzelfallspezifisch auf Standort, Sanierungsmaßnahme, Schadstoffe, Nutzung, betroffene Schutzgüter und Wirkungspfade abzustimmen sowie einem Nachsorgeprogramm festzulegen; sie müssen erforderlich, geeignet, angemessen und verhältnismäßig sein.

Ein wesentlicher Teil der Handlungsempfehlung befasst sich mit dem Ablauf der Nachsorge, insbesondere den Vorgaben der zuständigen Behörde, der Erstellung und Umsetzung des Nachsorgeprogramms sowie der Bewertung und der Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs durch die zuständige Behörde.

Weiterhin werden Empfehlungen für Nachsorgemaßnahmen bezogen auf die in der Praxis gängigen Sanierungsverfahren gegeben und abschließend die Kosten der Nachsorge betrachtet.

## 2 Einleitung

Da die Sanierung bei Teilbereichen einer Altlast (Sanierungszonen) oder bei den jeweils betroffenen Umweltmedien zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeschlossen sein kann, variiert auch der Beginn der Nachsorgephase. So kann die Sanierung des Bodens bereits abgeschlossen sein und damit die Nachsorge beginnen, während z.B. hydraulische Dekontaminationsmaßnahmen noch andauern. Der Übergang zwischen den Altlastenbearbeitungsstufen „Sanierung“ und „Nachsorge“ ist im Bodenschutzrecht nicht eindeutig definiert.

Bei vielen Sanierungsmaßnahmen, insbesondere Sicherungsmaßnahmen, kann eine langfristige Wirksamkeit, d.h. die Einhaltung der geforderten bzw. festgelegten Sanierungsziele, ohne Nachsorge- und Überwachungsmaßnahmen nicht nachgewiesen werden. Deshalb müssen diese Maßnahmen bereits bei der Sanierungsuntersuchung und dem Sanierungsplan sowie bei Planung und Durchführung der Maßnahme sowohl fachlich-konzeptionell als auch finanziell betrachtet werden. Dies ist erforderlich, damit frühzeitig – vor der Wahl einer Sanierungslösung – die Nachsorgeaufwendungen bei der Entscheidung mit berücksichtigt werden, zumal damit festgelegt wird, in welchem Umfang mittel- bzw. langfristig finanzielle Aufwendungen vom Verpflichteten zu tragen sind.

Soll ein Sanierungsvertrag (öffentlich-rechtlicher Vertrag) abgeschlossen werden, so sollten in diesem das Nachsorgeprogramm - insbesondere die vom Verpflichteten durchzuführenden Eigenkontrollmaßnahmen - und dessen Durchführung, die Vorgehensweise bei neu aufgetretenen Sachverhalten, die Nachsorgefinanzierung in Verbindung mit Sicherheitsleistungen und eine Fortschreibung der Nachsorge festgelegt werden.

Nachsorgemaßnahmen können auch bei Sanierungsmaßnahmen im Rahmen des Flächenrecyclings erforderlich werden.

## 3 Rechtsgrundlagen und Zuständigkeiten

Überwachung, Eigenkontrolle und Nachsorge von sanierten Altlasten sind im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) geregelt und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) konkretisiert. Den Vollzug dieser Vorschriften regeln die Länder. Die bodenschutzrechtliche Behördenzuständigkeit ergibt sich aus der Zuständigkeitsregelung des jeweiligen Landes.

Neben der bodenschutzrechtlichen Überwachung kann auch eine Überwachung oder Nachsorge aufgrund anderer Rechtsvorschriften (z.B. Abfallrecht, Wasserrecht, Bergrecht) erforderlich sein. Derzeit ist strittig, ob bei stillgelegten Deponien, die gleichzeitig Altlasten darstellen, während der Nachsorgephase das Bodenschutz- oder das Abfallrecht einschlägig ist. Solange eine Altlast unter Bergaufsicht steht, ist das Bergrecht einschlägig mit der Konsequenz, dass nicht die Bodenschutz-, sondern die Bergbehörde zuständig ist. In einem Abschlussbetriebsplan sind Maßnahmen der Nachsorge vorzusehen.

Für die verschiedenen Arbeitsschritte der Altlastenbearbeitung liegen fachliche Empfehlungen des Bundes und der Länder vor, die bei der Planung und Durchführung der Nachsorgephase herangezogen werden sollten.

Die behördliche Überwachung ist in § 15 Abs. 1 BBodSchG geregelt. Hiernach obliegt die Überwachung u.a. von Altlasten der zuständigen Behörde. Dies gilt auch für die Nachsorgephase.

Nach § 15 Abs. 2 BBodSchG kann die zuständige Behörde gegenüber dem Verpflichteten Eigenkontrollmaßnahmen anordnen, soweit dies erforderlich ist. Die Befugnis zur Anordnung von Eigenkontrollmaßnahmen steht im Ermessen der Behörde. Im Rahmen der Ermessensausübung muss die Behörde den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz beachten, d.h. die Eigenkontrollmaßnahmen müssen geeignet, erforderlich und angemessen sein.

Gemäß § 15 Abs. 2 Satz 4 BBodSchG kann die zuständige Behörde gegenüber dem Verpflichteten Eigenkontrollmaßnahmen (s. Kap. 4.9) auch nach Durchführung von Dekontaminations-, Sicherungs- und Beschränkungsmaßnahmen anordnen und verlangen, dass diese von einem Sachverständigen nach § 18 BBodSchG durchgeführt werden.

Die BBodSchV legt in Anhang 3 Nr. 1 u.a. fest, dass im Rahmen der Sanierungsuntersuchung die Erfordernisse der Nachsorge zu prüfen sind.

Weiterhin ist in Anhang 3 Nr. 2 BBodSchV festgelegt, dass die Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge im Sanierungsplan darzustellen sind, insbesondere hinsichtlich

- des Erfordernisses und der Ausgestaltung von längerfristig zu betreibenden Anlagen oder Einrichtungen zur Fassung oder Behandlung von Grundwasser, Sickerwasser, Oberflächenwasser, Bodenluft oder Deponiegas sowie Anforderungen an deren Überwachung und Instandhaltung,

- der Maßnahmen zur Überwachung (z.B. Messstellen) und
- der Funktionskontrolle im Hinblick auf die Einhaltung der Sanierungserfordernisse und Instandhaltung von Sicherungsbauwerken oder -einrichtungen.

## 4 Begriffserläuterungen

### 4.1 Nachsorge

Als Nachsorge wird der Schritt der Altlastenbearbeitung definiert, der nach einer Sanierungsmaßnahme (Dekontamination, Sicherung) bzw. einzelnen Sanierungsteilleistungen immer dann erforderlich ist, wenn aufgrund eines verbliebenen Schadstoffpotenzials Betrieb und Unterhaltung sowie Erhaltung der Wirksamkeit und Funktionsfähigkeit von Bauwerken und Anlagen und / oder eine Überwachung der Wirkungspfade langfristig notwendig sind. Nachsorge setzt voraus, dass aktuell keine Gefahr mehr besteht und beschreibt auch alle erforderlichen Überwachungstätigkeiten, um zukünftig entstehende Veränderungen der Standortbedingungen und der Schadstoffausbreitung über die maßgeblichen Wirkungspfade zu (ursprünglich) betroffenen Schutzgütern im Hinblick auf das Entstehen neuer oder Umschlagen latenter Gefahren kontrollieren zu können.

Die Nachsorge sollte mit der Abnahme der Sanierungsmaßnahme (z.B. fachtechnische Abnahme durch die zuständige Behörde und / oder förmliche Abnahme nach VOB/B, VOL/A) beginnen, sofern von der zuständigen Behörde keine anderweitigen Festlegungen getroffen wurden. Bei länger dauernden pneumatischen, hydraulischen und In-situ-Dekontaminationsmaßnahmen beginnt die Nachsorge, sobald die Sanierung durch die zuständige Behörde als erfolgreich abgeschlossen bewertet wurde.

Die technischen und administrativen Maßnahmen sind grundsätzlich auf den Einzelfall (Standort, Sanierungsmaßnahme, Schadstoffe, Nutzung), die betroffenen Schutzgüter und Wirkungspfade abzustimmen sowie in einem Nachsorgeprogramm festzulegen; sie müssen erforderlich, geeignet, angemessen und verhältnismäßig sein.

In Abhängigkeit vom Einzelfall kann bei Dekontaminationsmaßnahmen von einem mehrjährigen Nachsorgezeitraum, in Verbindung mit Sicherungsmaßnahmen in der Regel vom Erfordernis einer zeitlich unbefristeten Nachsorge ausgegangen werden. Über das Ende der Nachsorge entscheidet die zuständige Behörde.

Im Einzelfall kann eine (regelmäßige) Information der Betroffenen über die durchzuführenden Maßnahmen empfehlenswert sein.

#### **4.2 Nachsorgekonzept**

Das Nachsorgekonzept beschreibt die im Rahmen der Nachsorge vom Verpflichteten durchzuführenden Leistungen in Art und Umfang für das vorzugswürdige Maßnahmenkonzept, das im Variantenvergleich der Sanierungsuntersuchung ermittelt wurde. Auf dieser Basis sind die Kosten zu schätzen. Das Nachsorgekonzept dient als Grundlage für das Nachsorgeprogramm.

#### **4.3 Nachsorgeprogramm**

Das Nachsorgeprogramm wird im Sanierungsplan bzw. im Rahmen der Sanierungsplanung erarbeitet und nach erfolgter Sanierung konkretisiert. Es beschreibt die nach einer Sanierung vom Verpflichteten durchzuführenden Maßnahmen und Eigenkontrollen. Die Kosten sind im Einzelnen zu kalkulieren.

#### **4.4 Nachsorgemaßnahmen**

Unter Nachsorgemaßnahmen werden alle Maßnahmen verstanden, die im Rahmen der Nachsorge durch den Verpflichteten durchgeführt werden. Diese werden von der zuständigen Behörde überwacht.

#### **4.5 Nachsorge im Anschluss an Dekontaminationsmaßnahmen**

Dekontaminationsmaßnahmen sind Maßnahmen der Sanierung, mit denen Schadstoffe beseitigt oder vermindert werden, so dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu zählen Bodenentnahme, hydraulische Dekontaminationsverfahren, aktive pneumatische sowie mikrobiologische In-situ-Maßnahmen [Sondergutachten Altlasten I, SRU 1989].

Auch nach Dekontaminationsmaßnahmen können Belastungen verbleiben. Im Einzelfall kann es daher notwendig sein, die maßgeblichen Wirkungspfade im Rahmen der Nachsorge zu überwachen.

#### **4.6 Nachsorge bei Sicherungsmaßnahmen**

Sicherungsmaßnahmen sind Maßnahmen der Sanierung, mit denen die Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindert oder vermindert wird, ohne die Schadstoffe zu beseitigen, so dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu zählen Sicherungsbauwerke (z.B. Oberflächenabdeckungen und -abdichtungen, Dichtwände, durchströmte Wände, Immobilisierung) und verfahrenstechnische Anlagen (z.B. Fassungs- und Behandlungsanlagen für Wasser und Bodenluft). Deren Langzeitbetrieb und -unterhaltung, Langzeiterhaltung und Funktionskontrolle sind Bestandteile der Nachsorge.

Da gesicherte Altlasten weiterhin ein Schadstoffinventar aufweisen, steht die langfristige Überwachung der Wirkungspfade im Vordergrund der Nachsorge. Weiterhin kann die regelmäßige Kontrolle sonstiger Parameter mit Einfluss auf die Sicherungswirkung (wie standortbezogene Rahmenbedingungen, aktuelle und planungsrechtlich zulässige Nutzungen im Umfeld der gesicherten Altlast) erforderlich sein.

#### **4.7 Nachsorge bei Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen**

Nach Abschluss einer Sanierung können bezogen auf die maßgeblichen Wirkungspfade auch ergänzende Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen erforderlich werden. Diese sind im Rahmen der Nachsorge zu überwachen.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nach § 2 Abs. 8 BBodSchG sind Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern. Sie sind keine Sanierungsmaßnahmen i.S. von § 2 Abs. 7 BBodSchG und nur zulässig, wenn die dort aufgeführten Maßnahmen nicht möglich oder zumutbar sind und bedürfen einer Überwachung.

Die Nachsorge bei Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bezogen auf den Wirkungspfad Boden – Pflanze ist nicht Gegenstand der vorliegenden Handlungsempfehlung.

#### **4.8 Behördliche Überwachung**

Die zuständige Behörde entscheidet, ob, in welcher Art und in welchem Umfang eine behördliche Überwachung erforderlich und in welchem Umfang die Durchführung von Eigenkontrollmaßnahmen vom Verpflichteten zu verlangen ist.

Kriterien dafür sind insbesondere Schadstoffinventar und -potenzial, Schadstoffausbreitungsbedingungen, Sensibilität der Nutzungen und betroffenen Schutzgüter, Wahrscheinlichkeit einer konkreten Gefahr oder Ausmaß eines Schadens.

Der Begriff „behördliche Überwachung“ wird im BBodSchG und in der BBodSchV nicht eindeutig definiert. Unter behördlicher Überwachung werden neben Überwachungsmaßnahmen, die die Behörde selbst durchführt, im Wesentlichen organisatorische Maßnahmen und die Anordnung und Prüfung der Ergebnisse von Eigenkontrollmaßnahmen verstanden.

Bei der Entscheidung und Festlegung sind alle bei den bisher durchgeführten Arbeitsschritten im Rahmen der Einzelfallbearbeitung ermittelten Informationen, Sachverhalte und Beurteilungen zu berücksichtigen.

Insgesamt umfasst die behördliche Überwachung alle einzelfallbezogenen Kontrollen von Sachverhalten und Entwicklungen, die zu Gefahren oder Schäden führen können oder geführt haben.

Die im Rahmen der behördlichen Überwachung während der Nachsorge von der Behörde selbst durchzuführenden oder anzuordnenden und zu prüfenden Maßnahmen beziehen sich insbesondere auf:

- Überwachung der Wirkungspfade (z.B. regelmäßige Untersuchungen des Grundwassers oder Flächenbegehungen zur Kontrolle, welche Schutzgüter ggf. neu gefährdet sind, Kontrolle auf Einhaltung der zulässigen Nutzungen),
- Kontrolle der Funktion und Wirksamkeit von Bauwerken und Anlagen (Funktionskontrolle),
- Kontrolle der Wirksamkeit von ergänzenden Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (s. Kap. 4.7),
- Prüfung des Erfordernisses weitergehender Maßnahmen.

Die Ergebnisse der behördlichen Überwachung können die zuständige Behörde dazu veranlassen, dem Verpflichteten weitere Maßnahmen aufzuerlegen.

#### **4.9 Eigenkontrollmaßnahmen**

Gemäß § 15 Abs. 2 BBodSchG kann die zuständige Behörde vom Verpflichteten Eigenkontrollmaßnahmen auch nach der Durchführung von Dekontaminations-, Sicherungs- oder Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen verlangen. Durch die Eigenkontrolle wird die behördliche Überwachung ergänzt.

Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge dienen dazu, die langfristige Wirksamkeit der durchgeführten Sanierungsmaßnahme, d. h. die Einhaltung der festgelegten Sanierungsziele, zu prüfen und sicherzustellen (z.B. durch Funktionskontrollen von Bauwerken und Anlagen) sowie ggf. mögliche Gefahren für Schutzgüter rechtzeitig zu erkennen (z.B. durch Überwachung der Wirkungspfade).

Die zuständige Behörde entscheidet, ob der Verpflichtete Eigenkontrollmaßnahmen durchzuführen hat, und legt deren Art, Umfang und Dauer fest. Sie entscheidet gleichfalls, ob Eigenkontrollmaßnahmen von einem Sachverständigen nach § 18 BBodSchG durchzuführen sind.

Diese Festlegungen sollten entweder durch Regelung im Sanierungsvertrag bzw. im für verbindlich erklärten Sanierungsplan oder durch Anordnung auf der Grundlage des § 15 Abs. 2 BBodSchG erfolgen.

Eigenkontrollmaßnahmen umfassen die Erarbeitung und Abstimmung eines geeigneten Programms (ggf. im Rahmen eines Sanierungsplanes), dessen Durchführung sowie die Dokumentation, Auswertung und Interpretation der Ergebnisse durch den Verpflichteten. Er muss sie der zuständigen Behörde auf Verlangen vorlegen. Die Ergebnisse sollte der Verpflichtete bis 5 Jahre nach Abschluss der Nachsorge aufbewahren.

#### **4.10 Aufgaben während der Nachsorgephase**

Zu den grundsätzlichen Aufgaben während der Nachsorgephase zählen:

- Langzeitbetrieb- und -unterhaltung
- Langzeiterhaltung
- Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen
- Überwachung der Wirkungspfade

Dabei bezieht sich bei Sicherungsmaßnahmen der Langzeitbetrieb auf maschinentechnische Anlagen, während die Langzeitunterhaltung und die Langzeiterhaltung Sicherungsbauwerke und Anlagen aller Art betreffen.

Die Funktionskontrollen von Bauwerken und Anlagen sowie die Überwachung der Wirkungspfade sind Gegenstand der behördlichen Überwachung (Kap. 4.9) und der Eigenkontrollmaßnahmen (Kap. 4.10) gem. § 15 Abs. 2 BBodSchG und damit wesentlicher Bestandteil der Nachsorgephase.

#### **4.10.1 Langzeitbetrieb und -unterhaltung**

Der Langzeitbetrieb im Rahmen der Nachsorge beinhaltet die Betriebsführung der maschinentechnischen Anlagen (z.B. Sickerwasserentnahme- und -behandlungsanlagen, hydraulische Sperren, Schutzentgasungsanlagen), die sicherungsbegleitend erforderlich ist, sowie die Unterhaltung von Anlagen und Bauwerken (z.B. Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen, Dichtwände, durchströmte Wände, Immobilisierung).

Zur Unterhaltung gehören alle wiederkehrenden Tätigkeiten zur Aufrechterhaltung der Funktionen von Bauwerken und Anlagen, wie z.B. Inspektion, Wartung, Pflege, Reinigung und Instandhaltung.

#### **4.10.2 Langzeiterhaltung**

Die Langzeiterhaltung umfasst die Reparatur oder teilweise Erneuerung von Bauwerken und zugehörigen Anlagen, d.h. alle Maßnahmen, die bei einem Schaden oder bei Abnutzung notwendig sind, um die angestammten Funktionen wiederherzustellen (z.B. Ersatz von schadhafte oder abgenutzten Anlagenteilen, teilweise Erneuerung von Entwässerungsanlagen oder der Oberflächenabdichtung).

### 4.10.3 Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen

Funktionskontrollen dienen dem Nachweis, dass Sicherungsbauwerke und -anlagen ihre Aufgaben im Sinne der Sanierungsziele vollständig und stets erfüllen.

Funktionskontrollen können z.B. darin bestehen, dass

- in und an den Bauwerken Wasser- und Stoffflüsse ermittelt werden, die Gas-/ Bodenuftausbreitung untersucht wird und Bilanzen erstellt werden,
- die Reinigungsleistung und die dafür erforderliche Betriebsführung von Anlagen kontrolliert werden,
- die Bauwerke oder Teile von ihnen direkt beprobt und untersucht werden und
- verfahrensspezifische Kenngrößen gemessen werden.

### 4.10.4 Überwachung der Wirkungspfade

Um die Wirksamkeit durchgeführter Dekontaminations- bzw. Sicherungsmaßnahmen, d.h. den Sanierungserfolg bezogen auf die relevanten Wirkungspfade und Schutzgüter langfristig sicherzustellen, sind i.d.R. (insbesondere nach Sicherungsmaßnahmen) die relevanten Wirkungspfade langfristig zu kontrollieren bzw. zu überwachen. Daneben kann es im Einzelfall erforderlich sein, die Kontrolle auf von der Schadstoffquelle ggf. neu ausgehende Gefahren auszurichten.

Die Kontrollen und Untersuchungen zur Überwachung der Wirkungspfade, die grundsätzlich zu den behördlichen Überwachungstätigkeiten zählen, können über das Instrument der Eigenkontrollmaßnahmen dem Verpflichteten auferlegt werden.

Insbesondere folgende Wirkungspfade können der Überwachung unterliegen:

- orale und perkutane Aufnahme von Schadstoffen (Direktkontakt),
- Inhalation flüchtiger oder staubförmiger Schadstoffe,
- Windverfrachtung von Bodenteilchen (Staubverwehung),
- Aufnahme von Schadstoffen über die Nahrungskette (Boden – Pflanzen und Tiere – Mensch),
- Eintrag und Ausbreitung von Schadstoffen über das Grundwasser oder über Oberflächengewässer,

- Ausbreitung flüchtiger Stoffe über die Bodenluft,
- Migration von Deponiegas oder Bodenluft in Gebäude.

Die Überwachung der Wirkungspfade kann insbesondere umfassen:

- Untersuchung und Bewertung eines Schadstofftransfers von der Schadstoffquelle zum Schutzgut auf den relevanten Wirkungspfaden bezogen auf die Umweltmedien Boden, Wasser, Bodenluft im Hinblick auf die Gefährdung oder Beeinträchtigung von Schutzgütern,
- die Ermittlung und Prüfung von Standortparametern (wie z.B. hydrogeologische, geochemische, hydrochemische Parameter, Versiegelungsgrad, Geländemorphologie, Pflanzenbewuchs, klimatische Einflüsse und besondere Vorkommnisse) im Hinblick auf Auswirkungen auf den Schadstofftransfer bzw. die Exposition bei den relevanten Wirkungspfaden,
- die Ermittlung und Kontrolle aktueller Nutzungen auf dem Standort und in seinem Umfeld im Hinblick auf planungsrechtlich zulässige Nutzungen und ggf. veränderte Expositionsbedingungen,
- die Kontrolle der Einhaltung ergänzender Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen.

## 5 Ablauf der Nachsorge

In der Regel sollte hinsichtlich der Nachsorge von folgendem Verfahrensablauf zwischen den Beteiligten ausgegangen werden (s. Abb. 5-1):

Zunächst sollte der Verpflichtete gemäß den Anforderungen an eine **Sanierungsuntersuchung** (BBodSchV Anhang 3 Nr. 1) und den Vorgaben bzw. in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (s. Kap. 5.1) im Rahmen der Sanierungsuntersuchung ein den Verhältnissen des Einzelfalls angepasstes **Nachsorgekonzept** (s. Kap. 4.2) aufstellen. Die zuständige Behörde sollte dieses im Rahmen der Prüfung der Sanierungsuntersuchung auf Vollständigkeit und Eignung überprüfen. Weiterhin sollte sie insbesondere auch festlegen, welche Aufgaben und Tätigkeiten vom Verpflichteten als Eigenkontrollmaßnahmen nach § 15 Abs. 2 BBodSchG im Rahmen der Nachsorge durchzuführen sind und die Mitteilungspflicht präzisieren.

Das **Nachsorgeprogramm** (s. Kap. 4.3 und 5.2) sollte zweckmäßigerweise im Rahmen des Sanierungsplanes bzw. der Sanierungsplanung erarbeitet werden. Dabei sollten insbesondere Art und Umfang der vom Verpflichteten durchzuführenden Eigenkontrollmaßnahmen und die gegenüber der zuständigen Behörde einzuhaltenden Berichts- und Nachweispflichten dargestellt werden.

Die Sanierungsuntersuchung mit dem Nachsorgekonzept wie auch das Nachsorgeprogramm sollten von einem hierfür geeigneten Gutachter oder – soweit erforderlich – von einem Sachverständigen nach § 18 BBodSchG erarbeitet werden.

Von der zuständigen Behörde sollte das Nachsorgeprogramm mit dem **Sanierungsplan** bzw. der Sanierungsplanung insgesamt geprüft und – falls geeignet und zu diesem Zeitpunkt bereits möglich – mit der Verbindlichkeitserklärung des Sanierungsplanes festgelegt bzw. in einen öffentlich-rechtlichen Vertrag aufgenommen werden.

Nachdem die VOB-Abnahme erfolgt ist bzw. im Falle von länger dauernden pneumatischen, hydraulischen oder In-situ-Dekontaminationsmaßnahmen die Sanierung von der zuständigen Behörde als erfolgreich abgeschlossen bewertet wurde, sollte das Nachsorgeprogramm vom Verpflichteten konkretisiert und mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

Während der Nachsorgephase sollte die zuständige Behörde die Ergebnisse regelmäßig durch den Verpflichteten selbst oder unter Einbindung eines von ihm beauftragten Gutachters (ggf. eines Sachverständigen nach § 18 BBodSchG) beurteilen lassen, auf der Grundlage der Beurteilung eine eigene Bewertung vornehmen und anhand dieser den weiteren Handlungsbedarf prüfen (s. Kap. 5.4).

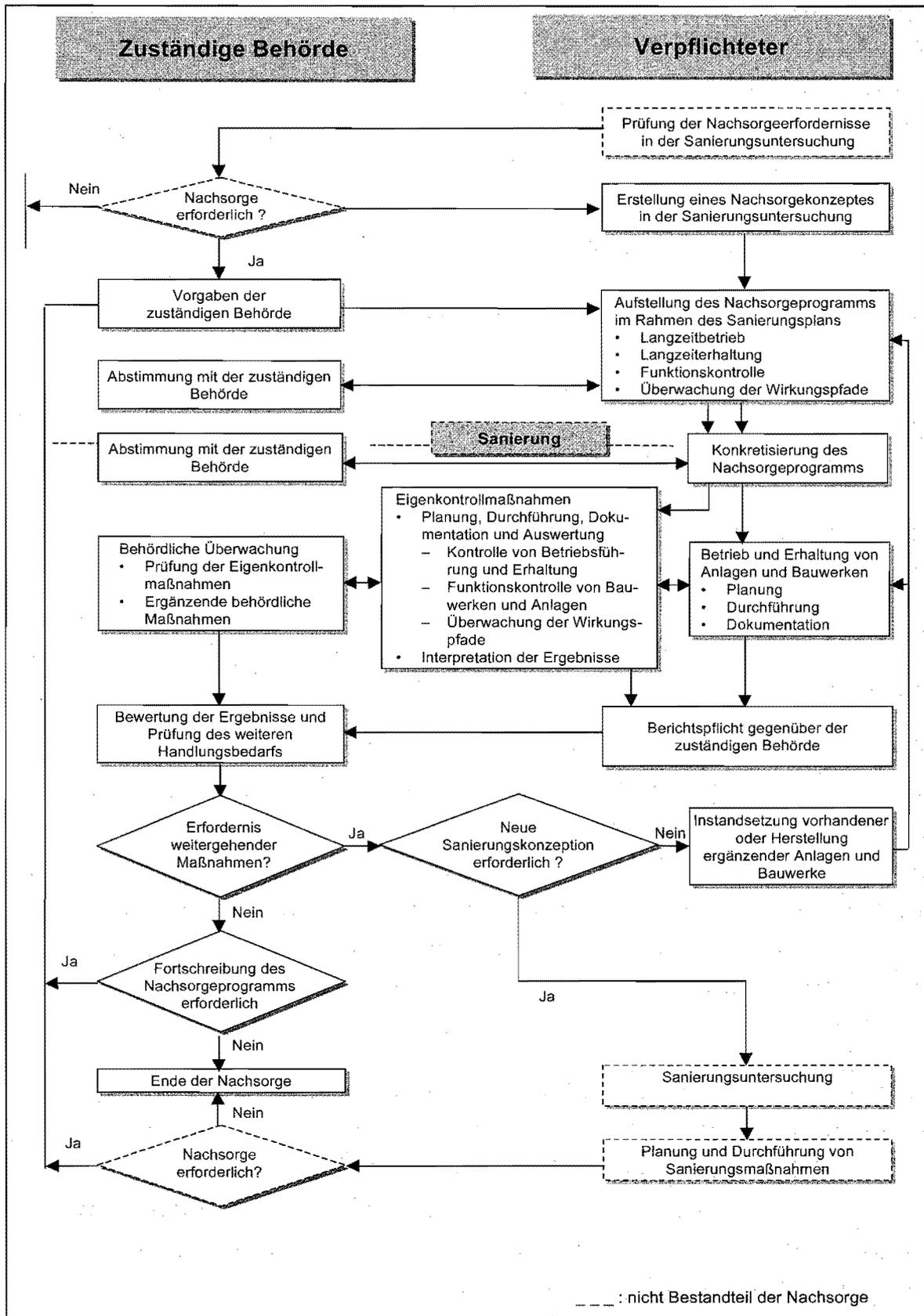


Abbildung 5-1 Ablauf der Nachsorge

## 5.1 Vorgaben der zuständigen Behörde

Die zuständige Behörde entscheidet über

- das Erfordernis sowie Art und Umfang der behördlichen Überwachung sowie
- Art und Umfang des vom Verpflichteten durchzuführenden Nachsorgeprogramms mit den dabei durchzuführenden Eigenkontrollmaßnahmen.

Damit die Erfordernisse der Nachsorge gemäß BBodSchV Anhang 3 Nr. 1 in der Sanierungsuntersuchung geprüft werden können, ist vom Verpflichteten bereits in der Sanierungsuntersuchung für das vorzugswürdige Maßnahmenkonzept ein Nachsorgekonzept darzustellen. Dieses bildet die Grundlage für das später zu erstellende und nach erfolgter Sanierung zu präzisierende Nachsorgeprogramm.

Wenn ein Sanierungsplan mit den erforderlichen Maßnahmen der Nachsorge durch die zuständige Behörde für verbindlich erklärt wird, ist festgelegt, welche Nachsorgemaßnahmen durchzuführen sind. Anstelle einer Verbindlichkeitserklärung des Sanierungsplans können vergleichbare Festlegungen für die Nachsorge in einen öffentlich-rechtlichen Vertrag getroffen werden.

Das durchzuführende Nachsorgeprogramm sollte nach Abschluss der Sanierung bzw. während der Durchführung der Nachsorgemaßnahmen in Anpassung an die Gegebenheiten und auf der Grundlage der von der Behörde gestellten Anforderungen modifizierbar sein und angepasst werden können. Unbeschadet der erforderlichen Bestimmtheit sollte die Modifizierbarkeit im Sanierungsplan bzw. öffentlich-rechtlichen Vertrag verankert werden. Durch Aufnahme einer Öffnungsklausel kann bei Bedarf auf aktuelle Erfordernisse bezüglich einer Modifikation des Nachsorgeprogramms flexibel reagiert werden, z.B. können Parameterumfänge und Untersuchungsintervalle angepasst werden.

Das Nachsorgeprogramm muss sich zunächst grundsätzlich an Art und Umfang der erforderlichen Überwachung der Wirkungspfade und dabei generell an den konkreten Standortbedingungen, insbesondere am Risiko einer Gefährdung von Schutzgütern, orientieren. Die Entscheidung, ob und in welcher Art und in welchem Umfang überwacht werden muss und ggf. Anordnungen zur Durchführung von Eigenkontrollmaßnahmen erforderlich sind, richtet sich dabei primär nach folgenden Kriterien:

- Art der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen,
- Schadstoffinventar (Art, Menge, Konzentrationen, Verteilung, Eigenschaften usw.),
- betroffene Umweltmedien,
- betroffene Schutzgüter (Exposition),
- relevante Wirkungspfade und Ausbreitungsbedingungen,
- planungsrechtlich zulässige Nutzungen (Standort und Umfeld),
- Art und Ausmaß des verbliebenen Gefahrenpotenzials,
- Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Gefahr oder eines Schadens.

Zur Ableitung des Überwachungserfordernisses sollten daher alle für die Bewertung der vorgenannten Aspekte vorhandenen Daten, Untersuchungsergebnisse und Beurteilungen herangezogen werden.

Neben der Überwachung der Wirkungspfade werden im Rahmen der Nachsorge regelmäßig zusätzliche Kontrollen, Untersuchungen und Maßnahmen anderer Art erforderlich, um die Funktion oder Wirksamkeit der erstellten Anlagen und Bauwerke, der ausgeführten Maßnahmen oder den Betrieb von Anlagen bzw. die Unterhaltung von Bauwerken zu überprüfen oder sicherzustellen. Diese Nachsorgemaßnahmen dienen der Kontrolle sowie der langfristigen und nachhaltigen Sicherung des Sanierungserfolges, sind also nicht nur von den konkreten Standortrandbedingungen, sondern auch von den gewählten Sanierungsverfahren und deren möglichen Versagensmechanismen abhängig.

Unter Berücksichtigung des vom Verpflichteten vorgelegten Nachsorgeprogramms gibt die zuständige Behörde vor, welche Maßnahmen im Rahmen der Eigenkontrolle vom Verpflichteten durchzuführen sind.

Nach § 10 BBodSchG kann die zuständige Behörde vom Verpflichteten Sicherheitsleistungen für die Aufrechterhaltung der Sicherungs- und Überwachungsmaßnahmen in der Zukunft verlangen.

Bezogen auf die Nachsorgemaßnahmen kann die zuständige Behörde z.B. folgendes vorgeben:

- Anforderungen an den Langzeitbetrieb und die Langzeitunterhaltung mit den erforderlichen Nachweisen
  - Vorgaben für das Betriebstagebuch,
  - Art der Überprüfung auftretender Emissionen, Abwässer und Abfälle (Medien, Art der Probenahme, Analyseverfahren, Entsorgungswege usw.),
  - Angabe maximal zulässiger Ausfallzeiten,
  - Vorgaben zur Inspektion, Wartung und Pflege von Anlagen,
  - Vorgaben zur Unterhaltung von Bauwerken und baulichen Einrichtungen,
  - sonstige Vorgaben zum Betrieb.
- Anforderungen an die Langzeiterhaltung von Bauwerken und Anlagen mit den erforderlichen Nachweisen
  - Festlegungen für ggf. erforderlich werdende Reparaturen oder für den Ersatz von Bauteilen oder Anlagenkomponenten
- Anforderungen an die Funktionskontrollen von Bauwerken und Anlagen im Hinblick auf das Einhalten der Sanierungsziele
  - Festlegung von Messpunkten, Medien, Parametern, Probenahme- und Analysemethoden, Messturnus usw. zur
    - \* Überprüfung der Wirksamkeit von Bauwerken im Hinblick auf das Unterbrechen von Wirkungspfaden,
    - \* Überprüfung von abgeleiteten Wasser- oder Stoffflüssen z.B. aus Aufbereitungsanlagen,
    - \* direkten (Material-)Untersuchung von Bauwerken oder Bauteilen,
    - \* Überprüfung der vorgegebenen Aufbereitungsziele für Wasser, Bodenluft und Gas mit Überschreitungshäufigkeiten (Reinigungsleistung / Leistungsfähigkeit).
  - Festlegung von Methoden zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse
- Anforderungen an die Überwachung der Wirkungspfade
  - Festlegungen zu Art und Umfang der Wirkungspfadkontrollen (Umweltmedien, Überwachungsparameter, Kontrollwerte, Messstellen, Messturnus, Art der Probenahme, Mess- und Analysemethoden usw.),

- Festlegung zu prüfender standortbezogener Parameter (u.a. Hydrogeologie, Bewuchs, Versiegelungsgrad, besondere Vorkommnisse),
  - Festlegung regelmäßiger Nutzungskontrollen (z.B. Flächenbegehung),
  - Festlegung von Methoden zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse.
- 
- Anforderungen an eine gutachtliche Begleitung
  - Anforderungen an Form, Inhalt und Turnus der Ergebnisberichte
  - Vorgaben zur Langzeitdokumentation und zur Mitteilungspflicht
  - Anforderungen an das Qualitätsmanagement
  - Anforderungen an den Arbeitsschutz.

## **5.2 Aufstellen des Nachsorgeprogramms durch den Verpflichteten**

Das Nachsorgeprogramm sollte folgende Punkte enthalten:

- getroffene behördliche Entscheidungen und geschlossene öffentlich-rechtliche Verträge bzw. Sanierungsvereinbarungen,
- fachliche Begründung des Programms,
- durchzuführende Nachsorgemaßnahmen, untergliedert nach Langzeitbetrieb und Langzeitunterhaltung, Langzeiterhaltung, Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen sowie Überwachung der Wirkungspfade (Kap. 5.2.1 bis 5.2.4),
- voraussichtliche Laufzeit der Maßnahmen,
- Hinweise zur Dokumentation, Auswertung und Berichtserstellung,
- Angaben zum Qualitätsmanagement,
- Angaben zum Arbeitsschutz,
- Benennung des Nachsorgeverantwortlichen beim Verpflichteten und der Verantwortungsstruktur für die durchzuführenden Arbeiten,
- Regelungen zur Information aller Beteiligten, insbesondere der zuständigen Behörde.

### 5.2.1 Langzeitbetrieb und -unterhaltung

Für den Langzeitbetrieb von maschinentechnischen Anlagen in Zusammenhang mit einer Sicherungsmaßnahme sind im Nachsorgeprogramm unter Berücksichtigung der einzelfallspezifischen Rahmenbedingungen im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte zu berücksichtigen:

- Sicherstellen der Betriebsführung,
- Steuern, Überwachen und Optimieren des Anlagenbetriebes,
- Anpassen des Anlagenbetriebes an ggf. geänderte Rahmenbedingungen,
- Überprüfen der Reinigungsleistung im Rahmen der Anlagensteuerung,
- Wartung und Instandhalten der maschinentechnischen Anlagen,
- Warten, Instandhalten und Funktionskontrolle der Rohrleitungen und Ventile,
- Beschaffen, Vorhalten und Wechseln der erforderlichen Betriebs- und Verbrauchsstoffe,
- Entsorgung von Reststoffen,
- Dokumentation des Anlagenbetriebes (Betriebstagebuch).

Hinsichtlich der Langzeitunterhaltung von Sicherungsbauwerken sind im Nachsorgeprogramm in Anpassung an den Einzelfall vorrangig folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Instandhaltung von Einrichtungen zur Grundstückssicherung (z.B. Zäune, Tore) sowie von Betriebswegen und -flächen,
- Pflege von Vegetationsflächen,
- Wartung, Instandsetzung und Funktionskontrolle von Bauwerksteilen (z.B. von Drainageleitungen und -schächten sowie von Entwässerungsgräben),
- Prüfung und Instandhaltung von Mess- und Beobachtungseinrichtungen,
- Dokumentation.

### **5.2.2 Langzeiterhaltung**

Bezüglich der Langzeiterhaltung von Bauwerken und Anlagen sollte das Nachsorgeprogramm einzelfallbezogen primär Angaben zu folgenden Punkten enthalten:

- Reparatur oder Ersatz schadhafter Komponenten,
- erwartete technische und wirtschaftliche Nutzungsdauer (Gebrauchstauglichkeit) der Bauwerke oder der Anlagen im Hinblick auf ihre Erneuerung,
- Prüfung und Dokumentation des Zustandes von Bauwerken bzw. Anlagen.

### **5.2.3 Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen**

Die im Nachsorgeprogramm zu berücksichtigenden Funktionskontrollen richten sich nach Art der Sicherungsmaßnahme und den einzelfallspezifischen Erfordernissen. Beispielhaft können folgende Maßnahmen genannt werden:

#### Oberflächenabdeckungen:

- bei begrünten Abdeckungen: Kontrolle der Vegetation hinsichtlich Deckung (Erosionsschutz), Regenerierbarkeit, unerwünschter Arten (z.B. Pioniergehölze wie Birken und Erlen) sowie Vegetationsschäden (z.B. durch Deponiegas),
- visuelle Kontrollen hinsichtlich Vernässungen, Erosions-, Setzungs- und Verformungsschäden, grabender Tiere und unerlaubter Eingriffe durch Menschen, z.B. im Rahmen von Flächenbegehungen,
- Setzungskontrollen (z.B. Vermessen, Befliegen),
- ggf. Überprüfung der Qualität des Oberflächenabflusses.

#### Oberflächenabdichtungssysteme:

- Bei begrünten Abdeckungen Kontrolle der Vegetation hinsichtlich Deckung (Erosionsschutz), Regenerierbarkeit, Schäden und Auftreten systemstörender Arten (z.B. Tiefwurzler),
- visuelle Kontrollen hinsichtlich Vernässungen, Erosions-, Setzungs- und Verformungsschäden, Böschungsrutschungen, grabender Tiere und unerlaubter Eingriffe durch Menschen, z.B. im Rahmen von Flächenbegehungen,

- bei Oberflächenversiegelungen mit Asphalt visuelle Kontrolle hinsichtlich Rissbildung und Verformung,
- Setzungskontrollen an Oberflächen, Einbauten (Schächten) und Leitungen (z.B. durch Vermessen, Befliegen),
- Untersuchungen zum Wasserhaushalt des Abdichtungssystems, insbesondere Dichtungsdurchsickerung und Entwässerungsschichtabfluss, sowie ggf. Niederschlag, Verdunstung und Oberflächenabfluss, u.U. mit Hilfe von Lysimetern und Modellrechnungen,
- ggf. Betrieb eines fest installierten Leckortungssystems,
- Überprüfung der Sperrfunktion der Dichtung gegenüber Schadstoffen und Gasen,
- Kontrolle der Langzeitbeständigkeit von Dichtung und Entwässerungsschicht, z.B. durch Aufgrabungen und Materialprüfungen, unter besonderer Beachtung von Durchwurzelung, Konkretionsbildung, Austrocknung, Rissbildung und Verformung,
- Überprüfung der Qualität von Entwässerungsschichtabfluss und Oberflächenabfluss.

Dichtwände:

- Vergleichende Kontrolle von Wasserständen und -beschaffenheit an Innen- und Außenseite der Dichtwand
- Überprüfung auf lokale Undichtigkeiten mit Hilfe von Pumpversuchen
- bei Dichtwandumschließungen ggf. Erstellung von Wasserbilanzen durch Messung bzw. Berechnung aller wesentlichen Flüsse sowie Modellrechnungen
- visuelle Kontrolle hinsichtlich Setzungs- und Verformungsschäden
- Setzungskontrollen (z.B. Höhenvermessungen)
- bei Stahlspundwänden Aufgrabungen und Messungen der Bohlendicke.

Durchströmte Wände:

- Vergleichende Überprüfung der Wasserstände im Zustrom, innerhalb der Wand und im Abstrom (hydraulischer Gradient),
- Überprüfung der Grundwasserbeschaffenheit im Zustrom, im Abstrom und ggf. innerhalb der Wand insbesondere auch unter Berücksichtigung möglicher Stoffumwandlungsprodukte,

- Entnahme und Untersuchung des reaktiven Materials im Hinblick auf Reaktivität,
- visuelle Prüfung der Geländeoberfläche in der Achse der Wand im Hinblick auf Setzungen,
- Überprüfung der Gasentwicklung.

Sickerwasserfassungs- und -behandlungsanlagen sowie Kapselbewirtschaftungsanlagen<sup>2</sup>:

- Laufende Kontrolle der Förderraten,
- Kontrolle der Reinigungsleistung der Aufbereitungsanlage durch Zulauf/Ablauf-Vergleich,
- Kontrolle der Wasserstände innerhalb des Sicherungssystems,
- Bilanzierung der Wasser- und Stoffströme.

Grundwasserfassungs- und -behandlungsanlagen (hydraulische Sicherung):

- Laufende Kontrollen der Förderraten,
- Kontrolle der Reinigungsleistung der Aufbereitungsanlage durch Zulauf/Ablauf-Vergleich,
- Überwachung der Wasserstände im gesamten hydraulisch beeinflussten Abschnitt des Grundwasserleiters,
- Messen und Dokumentieren der Grundwasserstandsentwicklung in den für die Sperrfunktion genutzten Brunnen (Förderbrunnen oder Schluckbrunnen),
- Funktionsüberwachung der Wirksamkeit der hydraulischen Sicherung durch Überprüfung der Wasserbeschaffenheit im Zu- und Abstrom des hydraulisch beeinflussten Abschnittes des Grundwasserleiters,
- gegebenenfalls Überwachung der Schadstoffentwicklung im Förderwasser aller genutzten Entnahmen (Hinweis: Eine Überwachung von Mischwasserqualitäten ist u.U. nicht ausreichend!).

---

<sup>2</sup> Gemeint sind Sickerwasserfassungen gekapselter Altablagerungen sowie Entnahmesysteme zur (Grund-)Wasserstandsabsenkung in „Dichtwandtöpfen“ einschließlich zugehöriger Behandlungsanlagen.

Schutzentgasungsanlagen:

- Messen und Bilanzieren der Gasförderraten,
- Kontrolle der Gaszusammensetzung,
- Funktionskontrolle der Anlagenteile, der Messgeräte und der Gaswarneinrichtungen,
- Überprüfung der Reinigungsleistung der Gasbehandlungsanlage,
- Kontrolle des sicheren Zustandes der Anlage durch einen Sachkundigen.

**5.2.4 Überwachung der Wirkungspfade**

Die Überwachung der Wirkungspfade sollte unter Berücksichtigung nachfolgender Kriterien dem jeweiligen Einzelfall angepasst werden:

- Art der Fläche (Altstandort, Altablagerung),
- derzeitige und zukünftige planungsrechtlich zulässige Nutzung der Fläche selbst und des unmittelbaren Umfeldes, ggf. vorhandene Nutzungsbeschränkungen,
- betroffene Schutzgüter, Wirkungspfade und Umweltmedien (Grundwasser, oberirdische Gewässer, Boden, Bodenluft, Umgebungsluft, Innenraumluft),
- Standortverhältnisse, wie z.B. Geologie, Hydrogeologie, Geländemorphologie,
- Rahmenbedingungen (z.B. Grundwasserstände und -beschaffenheit, Sickerwasser-  
austritte, zu erwartende Hochwasserereignisse, Gaswegsamkeit der Böden),
- eingesetzte Sanierungsverfahren bzw. Verfahrenskombinationen,
- Vorgaben im für verbindlich erklärten Sanierungsplan, in der Ordnungsverfügung oder im öffentlich-rechtlichen Vertrag.

Von den Behörden bereitgestellte standortrelevante Sachverhalte oder Ergebnisse laufender Untersuchungen aus dem Standortumfeld, beispielsweise laufende Grundwasserhaltungen oder fortbestehende Schadstoffeinträge, sind vom Verpflichteten zu berücksichtigen. Dies erleichtert ein rechtzeitiges Erkennen und Bewerten von Veränderungen beim Schadstofftransfer von der Schadstoffquelle zum Schutzgut.

Nach Abschluss der Sanierung sollte der Umfang der Überwachung der Wirkungspfade unter Berücksichtigung der zwischenzeitlich durchgeführten Sanierungs- und Überwachungsmaßnahmen konkretisiert werden. Eine Vergleichbarkeit mit bereits vorliegenden standortbezogenen Messdatenreihen sollte gewährleistet sein.

Das Untersuchungsprogramm zur Überwachung der Wirkungspfade sollte insbesondere berücksichtigen:

- Schadstoffparameter und Bestimmungsmethoden,
- Überwachungsintervalle,
- Messstellen, Messmethoden und Probenahme.

Das im Rahmen des Nachsorgeprogramms zu untersuchende Parameterspektrum ist hierbei nicht generell neu zu bestimmen, sondern sollte im Regelfall zunächst aus den Untersuchungsergebnissen der Gefährdungsabschätzung und Sanierungsuntersuchung abgeleitet werden. Die Intensität einer Überwachung sollte sich an der Sensibilität der betroffenen Schutzgüter sowie an Art und Umfang eines bei Versagen der Sicherungselemente möglicherweise entstehenden Schadens bzw. einer möglicherweise entstehenden Gefahr orientieren.

Zusätzlich können sich die überwachungsbedürftigen Wirkungspfade im Verlauf der Nachsorge durch folgende Faktoren verändern:

- Änderungen der Nutzung des Standortes oder des Umfeldes (z.B. in Richtung einer empfindlicheren Nutzung wie Wohnen mit Hausgarten, Errichtung von Gebäuden mit Kellern oder die Anlage von Fischteichen) können zu anderen betroffenen Schutzgütern und Wirkungspfaden führen.
- Eine wesentliche Veränderung bestehender Beschränkungsmaßnahmen kann bis dahin ausgeschlossene Ausbreitungs- und Wirkungspfade (re)aktivieren (z.B. den Eintritt von Schadstoffen in die Nahrungskette bei Nutzung eines kontaminierten Bodens zum Futterpflanzenanbau oder zur Geflügelzucht).

- Durch Änderung von Rahmenbedingungen können Schadstoffkonzentrationen und relevante Pfade verändert werden (z.B. bei Veränderung der Grundwasserfließrichtung infolge neuer oder anderer Wasserentnahmen, durch Gebäuderückbau oder Entsiegelung, durch Neuversiegelung, durch temporäre Baumaßnahmen wie Tunnelbau, Grundwasserhaltung usw., durch Entfernung einer schützenden Vegetationsdecke).
- Durch chemische oder biologische Prozesse können sich die Zusammensetzung und die Konzentrationen vorhandener Schadstoffe ändern (z.B. bei Änderung des Redoxpotenzials oder durch mikrobielle Umwandlung organischer Schadstoffe).

Um diese unterschiedlichen Möglichkeiten einer Änderung des Gefahrenpotenzials dauerhaft zu überwachen, stehen je nach Standortsituation verschiedene Maßnahmen zur Verfügung, u.a.

- Prüfung im Rahmen einer Flächenbegehung:
  - Einhaltung von Auflagen, z.B. Nutzungsbeschränkungen,
  - Einhaltung der Empfehlungen zur Art der Bepflanzung, zur eingeschränkten Verwendung von Wasser aus Hausbrunnen oder bezüglich einer Entsiegelung, Einhaltung des Verbots eines Eingriffs in tiefere Bodenschichten oder anderer Tiefbaumaßnahmen,
  - visuelle Kontrolle des ordnungsgemäßen Zustandes von Sicherungsbauwerken, Anlagen und Überwachungseinrichtungen,
  - visuelle Kontrolle auf Gefährdungen durch mangelnde Standsicherheit, z.B. Rutschungen, Risse an Bauwerken, Abzweigen von Ver- oder Entsorgungsleitungen,
  - Zustand der Bodenoberfläche (u.a. Entsiegelung, Neuversiegelung, Erosion, Staubverwehungen, Nässebereiche, Erhaltung einer schützenden Vegetationsdecke, Pflanzenschäden, erhebliche Änderung der gärtnerischen/ landwirtschaftlichen Nutzung) unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten für eine orale, dermale oder inhalative Schadstoffaufnahme durch Menschen.

Flächenbegehungen dienen darüber hinaus der Beweissicherung. Insbesondere bei bebauten Altstandorten oder Altablagerungen sind Angaben zu Setzungen und Rutschungen (z.B. visuelle Überwachung, regelmäßige Neuvermessungen) zur Klärung späterer Schadensersatzansprüche wichtig.

- Regelmäßige messtechnische Maßnahmen:
  - Erfassung des Grundwasserstandes und der Grundwasserbeschaffenheit (u.a. Schadstoffzusammensetzung und -konzentrationen),
  - Überprüfung der Beschaffenheit oberirdischer Gewässer,
  - Erfassung des Sickerwassers bei Altablagerungen (u.a. Aufkommen, Qualität, Bilanzierung),
  - Messung von Deponiegas aus Altablagerungen (Ausdehnung der Quelle, Menge, Gasdruck, Zusammensetzung),
  - Bodenluftmessungen (Zusammensetzung und Konzentrationen),
  - Innenraumlufmessungen, wenn erhöhte Bodenluftbelastungen und die örtlichen Gegebenheiten eine solche Maßnahme erforderlich erscheinen lassen.

Eine ausführliche Darstellung der Überwachung von Wirkungspfaden ist im Abschlussbericht eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des Umweltbundesamtes zu finden [UBA 1999]. Er enthält nach Schadstoffgruppen und Umweltmedien geordnete Checklisten. Berücksichtigt sind Schadensfälle mit

- leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (LHKW) in Grundwasser oder Bodenluft,
- Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) im Grundwasser,
- aromatischen Kohlenwasserstoffen (Benzol und Alkylbenzole) in Grundwasser oder Bodenluft,
- polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Grundwasser, Bodenluft oder Boden,
- Schwermetallen im Grundwasser oder im Boden.

Darüber hinaus finden sich im genannten Bericht modellhaft entwickelte Programme zur Überwachung von

- Altablagerungen mit Schadstoffen im Grundwasser, in der Bodenluft oder in oberirdischen Gewässern sowie
- eine komplexe Fallgestaltung zur Überwachung eines Altstandortes mit MKW, aromatischen Kohlenwasserstoffen und LHKW.

### 5.2.5 Qualitätsmanagement

Die Nachsorge kann umfangreiche Maßnahmen umfassen, an denen über lange Zeiträume der Verpflichtete, die zuständige Behörde, ggf. weitere Behörden sowie beauftragte Dritte mitwirken. Vor diesem Hintergrund kommt dem Qualitätsmanagement (QM) der Nachsorge besondere Bedeutung zu (zur Definition der Begriffe siehe DIN ISO 8402, DIN EN ISO 9000 ff., DIN EN ISO/IEC 17025, DGQ [1995]; ITVA [1999] enthält eine Einführung zum QM in der Altlastensanierung).

Das Qualitätsmanagement ist ein Instrument der Qualitätssicherung. Diese unterscheidet sich bei der Nachsorge nicht von der bei der Untersuchung und Sanierung. Im Rahmen der Nachsorge hat das Qualitätsmanagement folgende Hauptaufgaben:

- Festlegung der Qualitätsanforderungen und der Verantwortungsstruktur,
- Entwicklung verbindlicher und einheitlicher Regeln für die Dokumentation der Durchführung und der Ergebnisse der Nachsorge,
- Überwachung der Arbeitsabläufe und Entscheidungsprozesse.

Die Festlegung der qualitätssichernden Maßnahmen und deren Durchführung sind Aufgaben des Verpflichteten. Aufgabe der zuständigen Behörde ist es, die hinsichtlich der Nachsorge zu stellenden Qualitätsanforderungen zu formulieren und die vom Verpflichteten getroffenen Festlegungen und deren Einhaltung zu prüfen.

Das Qualitätsmanagement umfasst alle qualitätsbezogenen Zielsetzungen und Tätigkeiten, deren Umsetzung und Durchführung im QM-System konkretisiert werden. Die im QM-System festgelegten, zur Verwirklichung des Qualitätsmanagements erforderlichen Organisationsstrukturen, Verfahren, Prozesse und Mittel werden in QM-Dokumenten dargelegt, die aus dem QM-Handbuch, den Verfahrens- und Arbeitsanweisungen sowie ergänzenden Formblättern und Checklisten bestehen.

In den QM-Dokumenten werden die einzusetzenden Arbeits-, Untersuchungs-, Dokumentations- und Archivierungsmethoden so beschrieben, dass sowohl die eingesetzten Methoden als auch die QM-konform dokumentierten Ergebnisse auch nach langer Zeit noch zweifelsfrei nachvollzogen werden können. Die nachvollziehbare Dokumentation und dauerhafte Archivierung der Nachsorgedurchführung und der Ergebnisse (s. Kap. 5.3.3) ist besonders wichtig, da die Nachsorge bei der Altlastensanierung - vor allem bei Sicherungsmaßnahmen - im Vergleich zu den meisten Produktionsprozessen und Baumaßnahmen über sehr lange Zeit-

räume durchgeführt wird und bei im Laufe dieser Zeit wechselnden Bearbeitern und sich ändernden Mess- und Auswertemethoden eine Kontinuität der Bearbeitung auf gleichem Informationsniveau sichergestellt sein muss.

In der gesamten Dokumentation sollten einheitliche und unmissverständliche Begriffe und Bezeichnungen benutzt werden und sowohl die Ergebnisse als auch die zugehörigen Methoden und Verfahren eindeutig und vollständig nachvollziehbar beschrieben werden sowie örtlich zuzuordnen sein.

Die QM-Dokumente sollten unter Berücksichtigung der diesbezüglichen umfassenden Regelungen in spezifischen Zulassungen, Akkreditierungen und Zertifizierungen im erforderlichen Umfang einem im Einzelfall festzulegenden begrenzten Kreis von Verfahrensbeteiligten zugänglich gemacht werden. Sie müssen bei Bedarf fortgeschrieben werden.

Die Fortschreibung der QM-Dokumente ist zusammen mit den Ergebnissen der Nachsorge zu archivieren. Beauftragte Dritte sind zu verpflichten, das QM-System gemäß den in den QM-Dokumenten festgelegten Regeln umzusetzen. Bei der Auswahl der Auftragnehmer ist darauf zu achten, dass sie über die zur QM-konformen Durchführung der Aufträge erforderliche personelle und organisatorische Qualifikation und technische Ausstattung verfügen.

### **5.2.6 Arbeitsschutz**

Auch bei der Durchführung von Nachsorgemaßnahmen ist ein direkter Kontakt des auf dem Standort Tätigen (z.B. Gutachter, Sachverständiger, Probenehmer) mit festen, flüssigen und gasförmigen Schadstoffen möglich. Die an den Arbeitsschutz im Rahmen der Nachsorge zu stellenden Anforderungen entsprechen denen, die bei der Durchführung von Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen einzuhalten sind.

Zur Vermeidung einer Gefährdung der Beschäftigten sind erforderlichenfalls durch den Verpflichteten Betriebsanweisungen gemäß Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und Betriebssicherheitsverordnung (BetriebssicherheitsVO) sowie den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften zu erstellen. In bestimmten Fällen kann es erforderlich sein, dass der Verpflichtete (Auftraggeber) mit dem Nachsorgeprogramm einen Arbeits- und Sicherheitsplan entsprechend der TRGS 524 und der BG-Regel 128 (vormals ZH 1/183) der Tiefbau-Berufsgenossenschaft [TBG 2000] vorlegen muss; der aus der Sanierungsphase vorliegende kann fortgeschrieben werden. Dieser soll die Aufgabenbereiche Langzeitbetrieb und -unterhaltung, Langzeiterhaltung, Funktionskontrolle von

Bauwerken und Anlagen sowie Überwachung der Wirkungspfade berücksichtigen. Der Arbeits- und Sicherheitsplan umfasst die in Betracht kommenden oder vorgesehenen Arbeitsverfahren sowie Belange der Sicherheit, des Arbeits-, Gesundheits- und des Nachbarnschutzes unter Bezug auf den genehmigten Sanierungsplan bzw. die bestätigte, vertraglich vereinbarte Sanierungsplanung unter Bezug auf die ausgeführten Sanierungsarbeiten und unter Berücksichtigung der aktuellen Verhältnisse nach Abschluss der Sanierung. Er trägt durch die Vorgabe bestimmter Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zum Ausschluss bzw. zur Minimierung einer Schadstoffbelastung der Beteiligten und der Umwelt bei.

Der Arbeits- und Sicherheitsplan hat folgende Bereiche abzudecken: Angaben zum Standort, Beschreibung des Gefahrenpotenzials der einzelnen Arbeitsbereiche (Leitparameter z.B. Gefahrstoffkonzentrationen, Sauerstoffgehalt oder Explosionsbereiche), Verhaltensregeln und organisatorische Schutzmaßnahmen, persönliche Schutzausrüstung, technische Schutzmaßnahmen, Erste Hilfe und Notfallplanung. Der Plan ist bei Änderung der Gefahrenlage bzw. des Gefahrenpotenzials und/oder der standortspezifischen Rahmenbedingungen zu aktualisieren.

### **5.3 Umsetzung des Nachsorgeprogramms**

#### **5.3.1 Aufgaben der zuständigen Behörde**

Die von der zuständigen Behörde hinsichtlich des Nachsorgeprogramms ggf. anzuordnenden Vorgaben bzw. zu treffenden Festlegungen sind in Kap. 5.1 beschrieben. Die zuständige Behörde sollte das vom Verpflichteten vorgelegte Nachsorgeprogramm (als Bestandteil des Sanierungsplanes bzw. der Sanierungsplanung) im Rahmen der Prüfung des Sanierungsplanes bzw. der Sanierungsplanung auf Vollständigkeit, Erfordernis, Eignung, Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit prüfen.

Im Sanierungsplan bzw. in der Sanierungsplanung sollte sie insbesondere prüfen, ob darin alle erforderlichen Angaben zur Durchführung, Auswertung und Dokumentation der vom Verpflichteten durchzuführenden Eigenkontrollmaßnahmen sowie zum Betrieb und zur Erhaltung von Anlagen und Bauwerken enthalten sind. Nach der Prüfung eines Sanierungsplans kann die zuständige Behörde diesen mit dem Nachsorgeprogramm für verbindlich erklären. Analog kann die Sanierungsplanung nach erfolgter Prüfung behördlich bestätigt und in einen öffentlich-rechtlichen Vertrag aufgenommen werden. Alternativ kann auch eine Anordnung der in der Nachsorgephase erforderlichen Eigenkontrollmaßnahmen erfolgen.

Im Zusammenhang mit der Prüfung des Nachsorgeprogramms hat die zuständige Behörde die Aufgabe, die vom Verpflichteten durchzuführenden Eigenkontrollmaßnahmen unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit einzelfallspezifisch festzulegen. Dabei sind die konkreten Standortbedingungen, die Gefahren für Schutzgüter, die Sanierungsziele sowie die zur Sanierungsdurchführung eingesetzten Verfahren zu berücksichtigen.

Nachdem die zuständige Behörde dem Verpflichteten mit dem Sanierungsplan bzw. einer Anordnung alle erforderlichen Nachsorgemaßnahmen auferlegt hat oder diese auf der Grundlage der Sanierungsplanung vertraglich festgelegt wurden, führt dieser die geforderten Maßnahmen in Eigenverantwortung durch. Im Rahmen der Nachsorge insbesondere die ordnungsgemäße Abwicklung der Eigenkontrollmaßnahmen des Verpflichteten zu überprüfen.

Im weiteren Verlauf werden die Ergebnisse der Eigenkontrollmaßnahmen und deren Beurteilung von der zuständigen Behörde geprüft und bewertet. Über die Eigenkontrollmaßnahmen hinaus können organisatorische Überwachungsmaßnahmen der zuständigen Behörde erforderlich werden. So kann z.B. bei Nutzungskontrollen planungs- oder baugenehmigungsrechtlicher Art anlässlich einer Flächenbegehung festgestellt werden, ob bestimmte Auflagen aus dem Bebauungsplan bzw. der Baugenehmigung eingehalten werden (z.B. Verbot des Eingriffs in tiefere Bodenschichten). In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Eigenkontrollmaßnahmen kann die zuständige Behörde die Fortschreibung des Nachsorgeprogramms und weitere Maßnahmen verlangen.

Daneben kann die zuständige Behörde aus flächendeckenden, standortunabhängigen Untersuchungen, z.B. der Grundwasserbeschaffenheit, im jeweiligen Zuständigkeitsbereich Hinweise auf mögliche Auffälligkeiten bei bestimmten Flächen erhalten, denen sie dann im Zuge der einzelfallbezogenen Überwachung nachgehen sollte.

Bei der organisatorischen Abwicklung der Nachsorge kann es für die für die Nachsorge zuständige Behörde erforderlich werden, sowohl bei anderen Behörden vorliegende aktuelle Informationen einzuholen (z.B. aktuelle Nutzung nach BauGB, Überwachungsergebnisse nach BImSchG) wie auch eigene neue Erkenntnisse zu dokumentieren und bei Nachfrage weiterzugeben. Es muss z.B. sichergestellt werden, dass die Ergebnisse der Überwachung in der Nachsorgephase regelmäßig, bei besonderen Auffälligkeiten unmittelbar, in das die Altlasten betreffende Kataster übermittelt werden. Da das Kataster die zentrale Informationsquelle bei vielen Fragen (z.B. bei der Bauleitplanung) ist, muss aus den Katasterunterlagen immer die aktuelle Gefahrenlage zu entnehmen sein. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn für Nachsorge und Katasterführung nicht die gleichen Behörden zuständig sind.

Umgekehrt können sich neue Informationen zur betreffenden Fläche im Kataster auf die erforderlichen Nachsorgemaßnahmen auswirken.

### **5.3.2 Durchführung der Nachsorge durch den Verpflichteten**

Nachdem die Bauausführung beendet und die durchgeführte Sanierung von der zuständigen Behörde als erfolgreich abgeschlossen bewertet wurde, erfolgt die Durchführung des Nachsorgeprogramms. Der Verpflichtete hat

- die festgelegten Maßnahmen, Kontrollen, Untersuchungen, Analysen durchzuführen bzw. durch von ihm beauftragte Gutachter, ggf. Sachverständige nach § 18 BBodSchG, Untersuchungsstellen oder Fachfirmen ausführen zu lassen,
- die Ergebnisse zu dokumentieren und auszuwerten (s. Kap. 5.3.3), zu interpretieren (s. Kap. 5.3.4) sowie zu beurteilen bzw. beurteilen zu lassen und die Berichte der zuständigen Behörde in den festgelegten Zeitintervallen zur Bewertung und weiteren Entscheidungsfindung vorzulegen (s. Kap. 5.4).

Erforderlichenfalls ist anschließend die Anpassung und Fortschreibung des Nachsorgeprogramms gemäß Kap. 5.4 vorzunehmen. Differenziertere Empfehlungen und Erläuterungen zur Durchführung des Nachsorgeprogramms und dessen Einzelmaßnahmen in Abhängigkeit von den jeweils zuvor durchgeführten Sanierungsverfahren sind in Kapitel 6 enthalten.

### **5.3.3 Dokumentation und Auswertung**

Mit der Dokumentation und Auswertung der Informationen und Daten müssen sich sowohl der Verpflichtete als auch die zuständige Behörde befassen. Die Anforderungen an die systematische und nachvollziehbare Durchführung dieser Aufgaben werden im Qualitätsmanagement-System geregelt (s. Kap. 5.2.5).

Die gesamte Nachsorgedokumentation sollte aus folgenden Teilen bestehen:

- Dokumentation der nachsorgerelevanten Informationen zum Zeitpunkt des Abschlusses der Sanierungsausführung (Basisdokumentation),
- Nachsorgeprogramm einschließlich ggf. erforderlicher Fortschreibung,
- Standortrelevante QM-Dokumente bzw. Angaben zum Qualitätsmanagement (s. Kap. 5.2.5),

- Dokumentation der Durchführung und der ermittelten Daten einschließlich der eingesetzten Methoden und Verfahren,
- Dokumentation der Auswertung (s. Kap. 5.3.3) und Interpretation der Ergebnisse (s. Kap. 5.3.4) der Nachsorge einschließlich der getroffenen Entscheidungen über die weitere Durchführung der Nachsorge (s. Kap. 5.4).

Eine Nachsorgedokumentation sollte (einschließlich der zugehörigen Originalunterlagen und -berichte) beim Verpflichteten und bei der zuständigen Behörde archiviert werden. Bei der Wahl der Speichermedien und der in allen Schritten der Archivierung genutzten EDV-Programme sollte darauf geachtet werden, dass die Informationen vollständig und verfügbar bleiben. Die Ergebnisse ihrer Überwachungsmaßnahmen und der Eigenkontrollmaßnahmen als Bestandteil der Nachsorgedokumentation sind von der zuständigen Behörde nach Abschluss der Nachsorge mindestens fünf Jahre aufzubewahren (§ 15 Abs. 3 BBodSchG).

#### Basisdokumentation

Für die Nachsorge wird zunächst eine Basisdokumentation der Fläche und der für die Nachsorge relevanten maschinentechnischen Anlagen, Bauwerke, Mess- und Kontrolleinrichtungen einschließlich EDV-Anlagen benötigt. Für Fälle mit größerem und absehbar langfristigem Nachsorgebedarf wird empfohlen, dass der Verpflichtete der zuständigen Behörde bereits nach der Sanierung eine umfassende Zusammenstellung aller nachsorgerelevanten Informationen über den sanierten Standort vorlegt. Die zuständige Behörde sollte die diesbezüglichen Qualitätsforderungen definieren. Sie kann die Vorlage der erforderlichen Unterlagen verlangen.

Zur Basisdokumentation gehören:

- allgemeine Angaben zu Art und Lage der Altlast,
- Gebiet des Sanierungsplans und des Einwirkungsbereichs,
- zusammenfassende Darstellung des vorhandenen Schadstoffinventars nach Art und Umfang,
- Darstellung der betroffenen Wirkungspfade und Schutzgüter und der zu ihrer Überwachung erforderlichen Wirkungspfadkontrollen,
- Darstellung von Sanierungserfordernis und Sanierungszielen,

- Bestandsplan mit allen verfügbaren und im Rahmen der Sanierung oder Nachsorge erstellten und ggf. noch zu erstellenden Messstellen und Kontrolleinrichtungen mit Angaben zu Bezeichnung, Lage und Höhe sowie technischem Ausbau,
- Pläne und Daten zu allen im Rahmen der Sanierung erstellten Bauwerken und Anlagen sowie durchgeführten Maßnahmen (Bestandspläne, Verlegepläne, Fotos, Luftbilder usw.),
- Zusammenstellung aller bisher vorliegenden für die Nachsorge bedeutsamen Untersuchungsergebnisse (einschließlich der dabei eingesetzten Methoden).

Diese Zusammenstellung baut auf den Unterlagen für den Sanierungsplan auf und dient dazu, alle für die Durchführung, Bewertung und Fortschreibung der Nachsorge erforderlichen Informationen in einer umfassenden und übersichtlichen Dokumentation verfügbar zu machen. Der Aufbau dieser Dokumentation wird auf die Erfordernisse der Dokumentation der Nachsorgedurchführung abgestimmt. Die Unterlagen sollten parallel in Papier-(Akten-) und EDV-Form aufbewahrt werden.

#### Dokumentation Nachsorgedurchführung

Die vom Verpflichteten oder von einem beauftragten Dritten im Rahmen der Eigenkontrolle durchgeführten Arbeiten bei Langzeitbetrieb und -unterhaltung, Langzeiterhaltung, Funktionskontrolle und Überwachung der Wirkungspfade inklusive sämtlicher besonderer Vorkommnisse (Störungen, Funktionsmängel, Schäden), Kontrollen und Untersuchungen sind regelmäßig zu dokumentieren und auszuwerten. Es empfiehlt sich die Erstellung von Jahresberichten zur Vorlage bei der zuständigen Behörde. Die Daten und Auswertungsergebnisse sollten mindestens bis 5 Jahre nach Abschluss der Nachsorge aufbewahrt und der zuständigen Behörde auf Verlangen mitgeteilt werden.

Für den **Langzeitbetrieb** maschinentechnischer Anlagen und die **Langzeitunterhaltung** von Sicherungsbauwerken und Anlagen empfiehlt sich für den Verpflichteten eine fortlaufende EDV-gestützte Dokumentation der wichtigsten Daten und Fakten (z.B. Förderraten, tägliche Pumpenlaufzeiten, Verbrauch von Betriebsstoffen, Energieverbrauch, routinemäßige Wartungsmaßnahmen, Stillstandszeiten, Ergebnisse der Kontrollanalytik, Entsorgung von Reststoffen). Besonders wichtig ist einerseits die Dokumentation von gravierenden Störfällen, z.B. durch unerwartete Defekte an der Anlage oder durch Sabotage, andererseits die Dokumentation erheblicher Veränderungen des Anlagenbetriebes. Neben der Dokumentation in Dateiform empfiehlt sich auch das Führen eines Betriebstagebuches, in dem alle besonde-

ren Vorkommnisse vermerkt werden. Die Langzeitunterhaltung kann im Betriebstagebuch ggf. mit Formblättern dokumentiert werden.

Die Reparatur-, Ersatz- und (teilweisen) Erneuerungsmaßnahmen im Rahmen der **Langzeiterhaltung** sollten durch Berichte, Abnahmeprotokolle, Revisionszeichnungen und Funktionsbeschreibungen dokumentiert werden.

Bei der **Funktionskontrolle** von Bauwerken und Anlagen sowie bei der **Überwachung der Wirkungspfade** ist eine nachvollziehbare und plausible Dokumentation der ermittelten Daten und Fakten zum Beleg der Einhaltung der Sanierungsziele erforderlich. Die Erfassung der Mess- und Analytikergebnisse bedarf einer sinnvollen Zusammenstellung mittels Formblättern (siehe z.B. Tab. 5-1) und entsprechender elektronischer Datenspeicher- und Verarbeitungsprogramme. Die Festlegung der Art der Datenarchivierung sollte – wenn sie nicht schon aus den Voruntersuchungen übernommen wird – vor Beginn der Kontrollen und Überwachung erfolgen (Aufgabe des Qualitätsmanagements).

Generell ist es sinnvoll, alle relevanten Daten in einer Datenbank zu verwalten und zu pflegen. Die Kopplung mit computergestützten grafischen und /oder geografischen Informationssystemen erlaubt eine aussagekräftige und jederzeit abrufbare Visualisierung sowie bei Bedarf eine statistische Auswertung der Daten.

Falls in der Phase der Gefährdungsabschätzung oder Sanierungsuntersuchung ein hydraulisches und/oder Stofftransportmodell entwickelt und eingesetzt wurde, empfiehlt es sich häufig, dieses auch während der Nachsorgephase zur Datenauswertung und Darstellung der Gefährdungssituation zu verwenden, u.U. in aktualisierter Form. Hierfür ist eine regelmäßige „Modellpflege“ erforderlich. Die Modellierungsergebnisse sowie Informationen zur jeweils eingesetzten Modellversion sollten in EDV- und Papierform (Kartendarstellung) dokumentiert werden. Da sich die Nachsorge über einen sehr langen Zeitraum erstrecken kann, muss das verwendete Modell zur Wahrung der Kontinuität auch für eventuell nachfolgende Bearbeiter verfügbar bleiben.

Ergeben sich begründete Anhaltspunkte für eine eingeschränkte Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen, so sind die Ursachen zu ermitteln und die zuständige Behörde umgehend in Kenntnis zu setzen.

Die zuständige Behörde sollte zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben vom Verpflichteten die Vorlage der Ergebnisse der Eigenkontrolle mit Dokumentation, Auswertung und Beurteilung in regelmäßigen Zeitabständen (empfohlen mindestens einmal jährlich) in strukturierter Form verlangen (Jahresbericht).

Im Jahresbericht sollten enthalten sein:

- Programm und Zeitraum der Eigenkontrollmaßnahmen,
- durchgeführte Arbeiten, Untersuchungen, Messungen, Kontrollen und Ergebnisse,
- Auswertung, Bewertung und Darstellung der Ergebnisse,
- Interpretation der Untersuchungsergebnisse und Kontrollen im Hinblick auf Gefahrenatbestände für die relevanten Wirkungspfade und Schutzgüter.

In regelmäßigen Abständen (empfohlen alle 2 bis 5 Jahre) sowie bei Änderungen der Rahmenbedingungen sollte die Gefahrenlage neu bewertet werden (s. Kap. 5.4), so dass der Umfang des Nachsorgeprogramms gegebenenfalls der veränderten Sachlage angepasst werden kann.

Ein strukturierter Aufbau der Erfassungsmedien erleichtert eine spätere Kategorisierung, Zusammenführung und Auswertung der Informationen. Als Medium ist neben der Erfassung auf Papier eine EDV-gestützte Erfassung geeignet.

Zur Erfassung und Bewertung bedeutsamer Daten sowohl in Papierform wie auch EDV-gestützt eignen sich **Formblätter**. Die erfassten Informationen können hierdurch in komprimierter Form dokumentiert und zur Weitergabe an Entscheidungsträger vorbereitet werden.

Der Leitfaden „Überwachung, Nachsorge und Eigenkontrolle bei der Altlastenbearbeitung“ [LUA NRW 2004] enthält Vorschläge für Formblätter zur Durchführung häufig erforderlicher Nachsorgemaßnahmen (Schwerpunkt: Funktionskontrolle und Überwachung), die in Tabelle 5-1 aufgeführt sind.

Tabelle 5-1 Vorschlag zur Erfassung, Auswertung, Bewertung und Dokumentation von Nachsorge-  
maßnahmen; nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Aktivitäten	Dokumentation	Formblatt-Nr./Inhalt
<b>Aufgabenliste</b>	Behördliche Anforderungen an die Überwachung und Nachsorge	F 1 A
<b>Nachsorgemaßnahmen</b>	Flächenbegehung	F 2 A Deckblatt F 2 B Durchführung F 2 C Bewertung
	Wirkungspfadkontrolle Luft	F 3 A Deckblatt F 3 B Durchführung F 3 C Bewertung
	Wirkungspfadkontrolle Grundwasser und oberirdische Gewässer	F 4 A Deckblatt F 4 B Durchführung F 4 C Bewertung
	Organisatorische Maßnahmen	F 5 A Deckblatt F 5 B Durchführung F 5 C Bewertung
	Aufstellen einer Wasserbilanz	F 6 A Deckblatt F 6 B Durchführung F 6 C Bewertung
	Setzungskontrolle	F 7 A Deckblatt F 7 B Durchführung F 7 C Bewertung
	Funktionskontrolle einer Anlage zur Grundwasserfassung und -behandlung	F 8 A Deckblatt F 8 B Durchführung F 8 C Bewertung
	Funktionskontrolle einer Anlage zur Bodenluftfassung und -behandlung	F 9 A Deckblatt F 9 B Durchführung F 9 C Bewertung

Im Formblatt F 1 A können die behördlichen Anforderungen an das Programm (z.B. Zyklus der Berichtserstellung, Vorlagdatum, Umfang der beizufügenden Unterlagen) angegeben werden.

Auf Basis dieses Formblattes kann der Verpflichtete das für seine Nachsorgeerfordernisse relevante Dokumentationsformblatt (z.B. F 2) auswählen und für die Dokumentation zugrunde legen. Inhaltlich erfolgt für jede Dokumentation eine Dreiteilung in ein Deckblatt, ein Durchführungsformular und ein Bewertungsformular. Im Deckblatt werden Vorgaben der zuständigen Behörde zur Durchführung der konkreten Maßnahme festgelegt.

Inhaltlich sind in den jeweiligen Formblättern B „Durchführung“ die jeweils zu überprüfenden Sachverhalte aufgeführt. Am Ende des jeweiligen Formblattes sollte der Verpflichtete das Prüfergebn zusammenfassen und eine erste Interpretation (Vergleich mit den Zielvorgaben, Prognose) vornehmen. Diesem Formblatt sollten alle relevanten Daten sowie deren grafische Darstellung in einer übersichtlichen Form beigelegt werden. Hinsichtlich der Art der grafischen Darstellungen können u.a. die Beispiele in der Ordnungsbehördlichen Verordnung über die Selbstüberwachung von oberirdischen Deponien (DepSüVO NW) [MURL NRW 1998] herangezogen werden.

Die vom Verpflichteten erhobenen und der zuständigen Behörde übergebenen Daten und Auswertungen sollten so beschaffen sein, dass die Behörde ihren gesetzlichen Dokumentations-, Prüf-, Verwaltungs-, Entscheidungs- und Koordinationsaufgaben nachkommen kann. Dazu verwenden die Behörden heute in der Regel eine Kombination aus einem geografischen Informationssystem, Datenbanken und Groupware. Die im Rahmen der Nachsorge erhobenen und ausgewerteten Daten sollten so strukturiert werden, dass sie in das EDV-Informationssystem der zuständigen Behörde integriert werden können.

Anhand des jeweiligen Formblattes C „Bewertung“ soll die zuständige Behörde die Ergebnisse prüfen, mit den Zielvorgaben vergleichen und den weiteren Handlungsbedarf festlegen. Die Entscheidung der Behörde bezüglich des weiteren Vorgehens (z.B. Nachsorge beibehalten, intensivieren, reduzieren oder einstellen) wird hier ebenso festgehalten wie z.B. Änderungen der Anordnung an Verpflichtete.

#### **5.3.4 Interpretation von Messergebnissen**

Bei der Interpretation von Messdatenreihen sollten zeitliche Trends, die auf eine Änderung des Gefährdungspotenzials hindeuten, besonders beachtet werden.

Die Ergebnisse der Trendanalyse und daraus möglicherweise folgende Konsequenzen sollten in den Jahresberichten diskutiert werden. Maßgebliche Faktoren, welche für eine Neubewertung der Gefahrensituation durch die zuständige Behörde bedeutsam sein können, sind anzugeben.

Bei der Beurteilung bzw. Bewertung der Messergebnisse sind in der Praxis häufig Messreihen mit schwankenden Einzelwerten zu interpretieren. In UBA [1999] wird ein mögliches Vorgehen bei der Interpretation von Messreihen anhand von Fallbeispielen erläutert (s. Abb. 5-2):

- Fall A:** Die Schadstoffkonzentrationen in einem Umweltmedium haben sich nur unwesentlich geändert, entweder auf einem niedrigen Niveau (Fall A1) oder auf einem hohen Niveau (Fall A2).
- Fall B:** Die Konzentrationen haben den zu überwachenden Wert (Kontrollwert) dauerhaft um mehr als 50 % überschritten.<sup>3</sup>
- Fall C:** Konzentrationen haben sich relativ zum Nachsorgebeginn um mehr als 50 % erhöht.
- Fall D:** Konzentrationen haben sich relativ zum Nachsorgebeginn auf weniger als 50 % verringert.

---

<sup>3</sup> Der Kontrollwert kann im Einzelfall der Sanierungszielwert sein. 50 % ist eine Abweichung, die im Rahmen oder über der üblichen Genauigkeit von Messverfahren liegt (s. z.B. TrinkwV); eine Überschreitung dieses Toleranzbereichs zeigt eine Abweichung vom erwarteten Verhalten an.

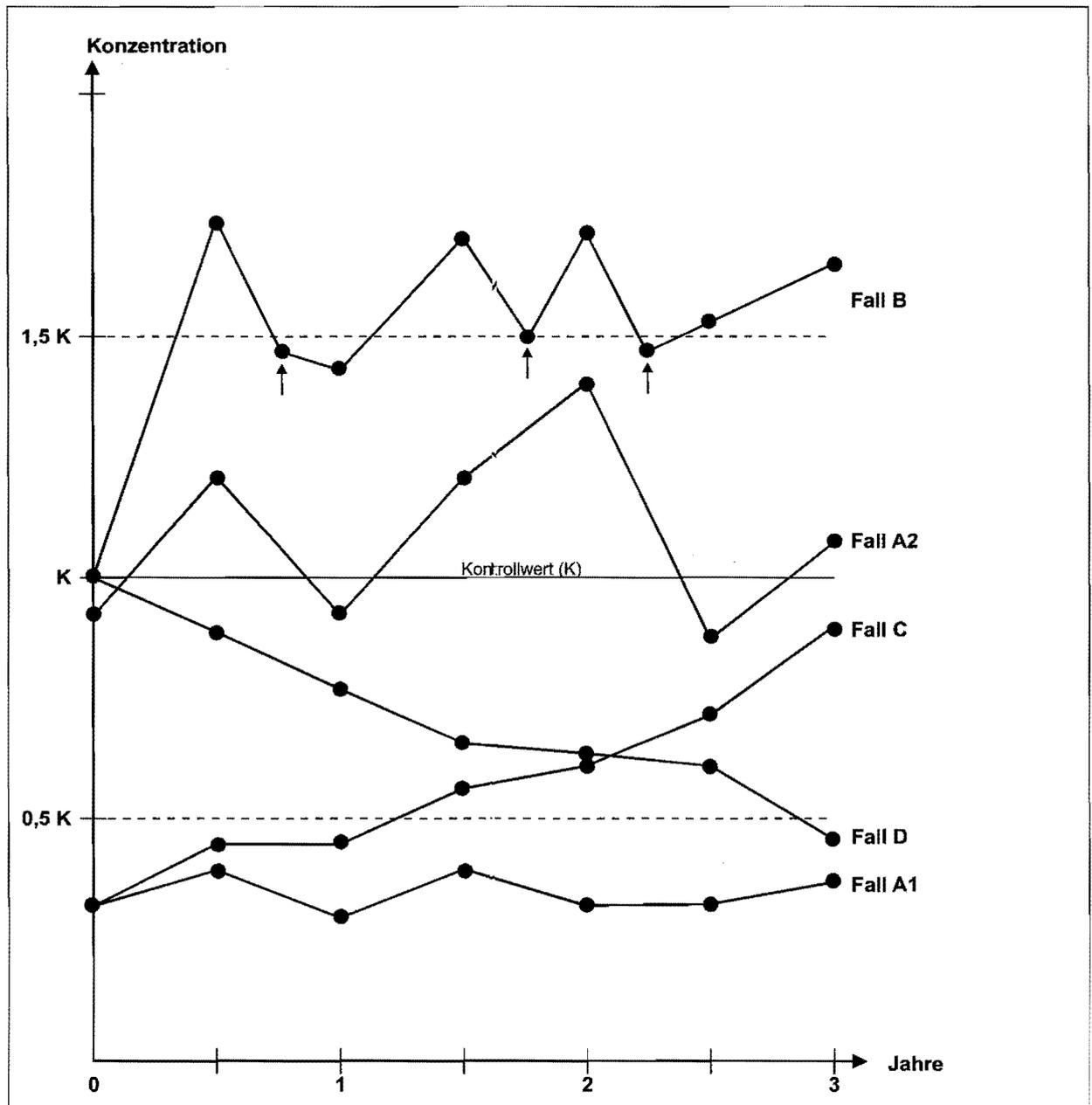


Abb. 5-2 Grafische Darstellung möglicher Konzentrationsverläufe während eines 3-jährigen Überwachungszeitraums; erfolgte Zusatzmessungen nach Sofortbewertung sind mit Pfeil gekennzeichnet; aus: UBA 1999

Je nach Schadstoff und Umweltmedien kann es für die beobachteten Trends der Schadstoffkonzentrationen verschiedene Ursachen und verschiedene Konsequenzen geben. Für ausgewählte Schadstoffgruppen und Umweltmedien sind diese in UBA [1999] dargelegt.

Die Ergebnisse sollten in eine Prognose des weiteren Konzentrationsverlaufs eingehen, die eine Entscheidung bezüglich einer eventuellen Weiterführung der Überwachung oder ande-

rer Maßnahmen für die zuständige Behörde vorbereitet. Dazu können die Messwerte unter Berücksichtigung der anderen verfügbaren Informationen zeitlich extrapoliert werden, um eine langfristige Abschätzung der Entwicklung des Emissionsverhaltens im Hinblick auf die Wirkungspfade zu erhalten. Sowohl Konzentrationen als auch Frachten der relevanten Schadstoffe und Schadstoffgruppen sind von Bedeutung.

Die Prognose, d.h. die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Belastungssituation, kann je nach Komplexität und Erfordernis mit einem unterschiedlichen Maß an Detaillierung, Aufwand und Aussagesicherheit durchgeführt werden.

Untersuchungsergebnisse, die Anlass zu einer Neubewertung der Sachlage bieten, sind der zuständigen Behörde sofort mitzuteilen.

#### **5.4 Bewertung und Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs durch die zuständige Behörde**

Die vom Verpflichteten vorgelegten Berichte mit den ausgewerteten Ergebnissen der Eigenkontrollmaßnahmen werden von der zuständigen Behörde im Zusammenhang mit eigenen Erkenntnissen geprüft und bewertet. Diese stammen z.B. aus der Katasterführung der altlastverdächtigen Flächen, aus Nutzungskontrollen im Rahmen von Flächenbegehungen oder aus einer flächendeckenden, zuständigkeitsgebietsbezogenen Überwachung bestimmter Medien, z.B. Grundwasser. Die Bewertung erfolgt im Hinblick auf:

- Plausibilität der Vorgehensweise und Schlussfolgerungen,
- einen ordnungsgemäßen Betrieb von Anlagen oder Bauwerken,
- mögliche Schäden oder Mängel an Anlagen oder Bauwerken, die ein Erreichen der Sanierungsziele infrage stellen,
- eine Zu- oder Abnahme des Gefahrenpotenzials,
- mögliche neue oder künftig zu erwartende Gefahren.

Die zuständige Behörde hat im Ergebnis ihrer Bewertung – möglichst in Abstimmung mit dem Verpflichteten – zu entscheiden, welche geeigneten und angemessenen Maßnahmen weiterhin oder zusätzlich erforderlich und ggf. dem Verpflichteten aufzuerlegen sind.

Da Nachsorgeprogramme nicht selten mehrere Jahrzehnte lang durchgeführt werden müssen, sind in der Regel im Laufe der Zeit, u.U. abhängig von aktuellen Erfordernissen, Änderungen z.B. bezüglich des Parameterumfangs bzw. des Untersuchungsintervalls angezeigt.

Diese sollten gemäß einer entsprechenden Öffnungsklausel in dem Sanierungsplan bzw. dem öffentlich-rechtlichen Vertrag (vergl. Kap. 5.1) realisiert werden. Die Anpassung des Nachsorgeprogramms kann erfolgen durch:

- Mitteilung/Anordnung der zuständigen Behörde gegenüber dem Verpflichteten über eine Modifikation des bestehenden Nachsorgeprogramms unter Bezug auf die vorliegenden Ergebnisse und deren Bewertung mit einer Begründung für die Änderung und ggf. Änderung des für verbindlich erklärten Sanierungsplanes bzw. der bestätigten Sanierungsplanung,
- Abstimmung des Verpflichteten mit der zuständigen Behörde bezüglich einer Änderung mit entsprechender Begründung aus besonderem Anlass oder in einem bestimmten Rhythmus (z.B. alle 2 bis 5 Jahre) und ggf. Änderung des für verbindlich erklärten Sanierungsplanes bzw. der bestätigten Sanierungsplanung.

Grundsätzlich sind im Verlauf der Nachsorgephase folgende Handlungsoptionen denkbar:

- Entlassung der sanierten Altlast aus der Nachsorge,
- Beibehaltung des bestehenden Nachsorgeprogramms,
- Modifizierung des Nachsorgeprogramms (Ausweitung oder Reduzierung des Programms je nach Gefahrenlage, bisherigen Ergebnissen oder technischem Zustand der Anlagen bzw. Bauwerke),
- Entscheidung über die Festlegung bzw. Anordnung weiterer Sanierungsmaßnahmen oder sonstiger Maßnahmen.

## **6 Maßnahmen der Nachsorge in Abhängigkeit von den angewandten Sanierungsverfahren**

Nachfolgend werden Empfehlungen für die Durchführung von Nachsorgemaßnahmen im Anschluss an die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung in der Praxis gängigen Sanierungsverfahren [siehe auch SRU: Sondergutachten Altlasten II 1995] gegeben. Die erforderlichen Maßnahmen sind standort- und einzelfallbezogen auszuwählen. Bei den in diesem Kapitel genannten numerischen Angaben, z.B. Messhäufigkeiten, handelt es sich um Anhaltswerte, die dem Einzelfall anzupassen sind.

## **6.1 Nachsorge im Anschluss an Dekontaminationsmaßnahmen**

Bei den in Kap. 6.1.1 bis 6.1.5 aufgeführten Sanierungsverfahren ist im Rahmen der Nachsorge in der Regel eine Überwachung der Wirkungspfade erforderlich. Da im Allgemeinen keine Sanierungsbauwerke und -anlagen mehr vorhanden sind, entfallen Maßnahmen zu Langzeitbetrieb und -unterhaltung, Langzeiterhaltung und Funktionskontrolle.

Als Wirkungspfadkontrollen kommen je nach Material, vorliegenden Schadstoffen und Ausbreitungsbedingungen sowohl Untersuchungen der Bodenluft als auch des Grundwassers infrage, wenn eine Schadstoffausbreitung auf den betreffenden Wirkungspfaden nicht ausgeschlossen werden kann.

### **6.1.1 Bodenaustausch**

Beim Bodenaustausch werden kontaminierter Boden oder sonstige Materialien, deren Schadstoffkonzentrationen die für den Sanierungsfall festgelegten Maximalwerte überschreiten, ausgekoffert, abtransportiert und durch geeigneten, zum Einbau zugelassenen Boden ersetzt. Die Ausführungen zu den im Anschluss an einen Bodenaustausch ggf. durchzuführenden Nachsorgemaßnahmen beziehen sich im Sinne von § 2 BBodSchG ausdrücklich auf die sanierte Fläche bzw. das sanierte Grundstück.

Im Hinblick auf die Nachsorge müssen folgende Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

- Es sind bei den Auskofferungsarbeiten Kontaminationsbereiche unerkannt geblieben.
- Die verbliebenen Restkontaminationen sind für die geplante Nutzung verträglich, eine Grundwasserbeeinträchtigung kann aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Für die Nachsorge kommen im Einzelfall folgende Kontrollen infrage:

- Überwachung des Wirkungspfad des Boden – Grundwasser und ggf. auch Boden – Grundwasser – oberirdische Gewässer,
- Überwachung des Wirkungspfad des Boden – Bodenluft, wenn eine Migration leicht flüchtiger Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann,
- Kontrolle der Einhaltung von Auflagen, z.B. bezüglich Versiegelung oder Eingriffen in den Untergrund.

### 6.1.2 Umlagerung von Bodenmaterial

Umlagerungen [ITVA-Arbeitshilfe H1-11 "Umlagerung und Einbau von Bodenmaterialien und Abbruchmaterialien auf Altlasten" - Entwurf Stand November 2003] werden in der Sanierungspraxis vorzugsweise dann eingesetzt, wenn

- die Teilfläche, von der umgelagert werden soll, für eine Nutzung wieder verfügbar gemacht werden soll,
- durch eine Zusammenführung der belasteten Materialien die Sicherung und Überwachung der (Boden-)Materialien effizienter gestaltet werden kann,
- auf der Fläche, auf die umgelagert werden soll, bereits belastete (Boden-)Materialien vorliegen und (gesichert) verbleiben sollen,
- bei gleichzeitiger Vermeidung von (größeren) Nutzungseinschränkungen auf eine Teilfläche mit einer weniger sensiblen Nutzung umgelagert werden kann.

Der Wiedereinbau umgelagerter Materials im Rahmen von für verbindlich erklärten Sanierungsplänen muss zur Erfüllung der festgelegten Sanierungsziele beitragen und darf keine neuen Gefahren hervorrufen.

Allgemein gültige tolerable Höchstwerte der Schadstoffkonzentrationen für umzulagerndes Material im Rahmen eines für verbindlich erklärten Sanierungsplans existieren nicht.

Als Folge einer Umlagerung sind insbesondere auszuschließen:

- Gefährdungen von Menschen durch den Direktkontakt oder Gefährdungen von Nutzpflanzen über den Wirkungspfad (Boden – Nutzpflanze, die dadurch entstehen können, dass im umgelagerten Material die Prüf- und Maßnahmewerte der BBodSchV überschritten werden,
- Gefährdungen des Grundwassers durch Überschreitung der Sickerwasserprüfwerte der BBodSchV am Ort der rechtlichen Beurteilung,
- sonstige Gefahren wie z.B.
  - Wirkungen auf die menschliche Gesundheit oder Explosionsgefahren infolge leicht flüchtiger Schadstoffe,
  - Einsinken bei nicht gegebener Tragfähigkeit aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften des umzulagernden Materials.

Falls Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden, um im Zusammenhang mit Umlagerungsmaßnahmen das Sanierungsziel zu erfüllen, sind für die Nachsorge zusätzlich die entsprechenden in Kap. 6.2 genannten Anforderungen zu beachten.

Die Anforderungen an die Nachsorge werden i.d.R. einzelfallspezifisch, bezogen auf die umgelagerten Bodenmaterialien, festgelegt. So hängen Art und Umfang der Maßnahmen hauptsächlich von folgenden Faktoren ab:

- Volumen der umzulagernden Bodenmaterialien und Größe der Aufbringungsfläche,
- Art und Konzentration der Schadstoffgehalte (je nach Wirkungspfad Feststoff, Eluat, Bodenluft),
- Empfindlichkeit der möglicherweise betroffenen Schutzgüter,
- Restrisiko des Eintretens einer Gefahr oder eines Schadens.

Als Nutzungskontrolle kommt die Flächenbegehung in Betracht, bei der optisch überprüft werden kann, ob nach der Umlagerung gefahrenverdächtige Expositionen entstehen können. Daneben kann überprüft werden, ob auf der Fläche unerlaubte oder unvorhergesehene Eingriffe vorgenommen wurden, die diese Expositionen ermöglichen.

### **6.1.3 Hydraulische Maßnahmen**

Eine Nachsorge bei Grundwassersanierungsmaßnahmen ist immer dann erforderlich, wenn nach der Sanierung Schadstoffbelastungen mit einem Gefahrenpotenzial für das Grundwasser verblieben sind. Davon kann bei Grundwassersanierungsmaßnahmen in der Regel ausgegangen werden. Die Nachsorge beginnt, nachdem die Sanierung von der zuständigen Behörde als erfolgreich abgeschlossen bewertet wurde und kann folgende Punkte enthalten:

- Kontrolle von Auffälligkeiten (Zerstörungen) und des Zustandes des Messstellennetzes im Rahmen einer Begehung (i.d.R. ein- bis zweimal jährlich),
- Beprobung der Messstellen und Analytik je nach Fallgestaltung – i.d.R. ein- bis zweimal jährlich – im Zustrom und im Schwerpunkt der vormals vorhandenen Kontamination, im Zentrum und im Randbereich der Belastungsfahne sowie im weiteren Abstrom,
- Überprüfung von Veränderungen der Grundwasserhydraulik,

- Zur Überwachung des Wirkungspfad des Grundwasser – Bodenluft – Mensch können in Ausnahmefällen auch Raumluftkontrollen oder ersatzweise geeignet konzipierte Bodenluftmessungen im direkten Umfeld erforderlich sein.

Weitere ggf. bei der Nachsorge von abgeschlossenen Grundwassersanierungsmaßnahmen zu überprüfende Sachverhalte und mögliche Maßnahmen können der Tabelle 6-1 entnommen werden.

Tabelle 6-1 Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von Grundwassersanierungen; nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Maßnahme
Grundwassermessstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschädigung</li> <li>• Verstopfung/Verschlammlung</li> <li>• Schadstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Kontrolle</li> <li>• Sichtprüfung und Peilung hinsichtlich Wasserstand und Verschlammlung, ggf. Pumpstest bei Auffälligkeit</li> <li>• Beprobung und Analytik</li> </ul>
Gebäude/Bauwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordnungsgemäßer Gebäudezustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Kontrolle der Bauwerke auf Risse, Beschädigungen, Zustand von Leitungsdurchführungen (ca. 1 Jahr nach Abnahme)</li> </ul>

#### 6.1.4 Pneumatische Maßnahmen

Eine Nachsorge nach Bodenluftsanierungsmaßnahmen sowie nach der Entgasung (und ggf. Belüftung) von Altablagerungen ist immer dann erforderlich, wenn nach der Sanierung durch verbliebene Schadstoffbelastungen (z.B. in Folge einer verbliebenen Kontamination durch Einstellung von Phasengleichgewichten) oder Restemissionen von Deponiegas die dauerhafte Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahme im Hinblick auf die betroffenen Schutzgüter kontrolliert werden muss. Davon ist bei derartigen Maßnahmen in der Regel auszugehen. Die Intensität der Nachsorge ist abhängig von der vorhandenen Gefährdung der Schutzgüter. Die Nachsorge kann generell u.a. folgende Punkte enthalten:

- Begehung der sanierten Fläche sowie gefährdeter angrenzender Flächen und Zustandskontrolle des Messstellennetzes ein- bis zweimal jährlich, ggf. zeitlich befristet,

- Beprobung der Messstellen und Analytik je nach Fallgestaltung 2- bis 6-mal jährlich, ggf. zeitlich befristet,
- nach Erfordernis Raumluftkontrollen zur Überprüfung des Wirkungspfades Boden – Innenraumlufte (je nach Fallgestaltung 2- bis 6-mal jährlich) oder Bodenluft- und Deponiegasmessungen im direkten Umfeld,
- ggf. Durchführung eines Bodenluftabsaugversuches [ITVA 2002].

Weitere ggf. zu überprüfende Sachverhalte und mögliche Maßnahmen können der Tabelle 6-2 entnommen werden.

Tabelle 6-2 Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von pneumatischen Sanierungen; nach: ITVA 2002 (verändert)

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Maßnahme
Deponiegas-/Bodenluftmessstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstopfung/Verschläm-mung/Verockerung/Biora-sen</li> <li>• Beschädigung der Mess-stellen</li> <li>• Bodenluftmigration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sichtprüfung hinsichtlich Wasser oder eingewor-fener Gegenstände im Deponiegas-/Bodenluft-pegel</li> <li>• Pegelotung, ggf. Ab-saugversuch bei Auffäl-ligkeit</li> <li>• Visuelle Kontrolle auf Be-schädigungen</li> <li>• Bodenluftmessung (Ab-bauprodukte)</li> </ul>
Drainagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschädigung der Probe-nahmestellen</li> <li>• Verstopfung/Verschläm-mung der Drainagen</li> <li>• Emissionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Kontrolle auf Be-schädigungen der Pro-be-nahmestellen</li> <li>• Überprüfung der Funkti-onsfähigkeit/Gängigkeit durch Kamerabefahrung usw.</li> <li>• Kartierung der Gasaus-tritte mittels FID-Mes-sung</li> </ul>

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Maßnahme
Gebäude/Bauwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordnungsgemäßer Gebäudenzustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Kontrolle der Bauwerke auf Risse, Beschädigungen, Zustand von Leitungsdurchführungen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Immissionen in Kellerräumen oder Gebäudeteile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organoleptische Ansprache (Geruch)</li> <li>• Raumluftmessung (Deponiegas, Spurenstoffe) <ul style="list-style-type: none"> <li>- kontinuierlich</li> <li>- diskontinuierlich</li> </ul> </li> </ul>
Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setzungen, Risse, Rutschungen, Bewuchsschäden</li> <li>• Gasaustritte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenbegehung</li> <li>• Sichtprüfung der Vegetation auf Wuchsmangel oder Ausdünnung, ggf. FID-Begehung (Kartierung)</li> </ul>

### 6.1.5 Mikrobiologische In-situ-Maßnahmen

Auch bei ausreichender Untersuchung, Planung und Begleitung von mikrobiologischen In-situ-Maßnahmen können insbesondere bei inhomogenen Bodenverhältnissen oder Böden mit geringer Durchlässigkeit auf Grund von Bereichen, die einem mikrobiellen Abbau nicht zugänglich sind, Restbelastungen im Untergrund verbleiben. Vor diesem Hintergrund können auch nach Abschluss der In-situ-Sanierungsmaßnahme und nach dem Nachweis des Sanierungserfolges Kontrollen im Rahmen der Nachsorge erforderlich werden.

Je nach Fallgestaltung können im Rahmen der Nachsorge von in-situ sanierten Flächen z.B. folgende Kontrollen anfallen:

- visuelle Kontrolle der Geländeoberfläche und Messstellen auf Auffälligkeiten und Beschädigungen im Rahmen einer Begehung,
- Prüfung auf Einhaltung von Nutzungsbeschränkungen, Anordnungen, Empfehlungen aus Auflagen (u.a. Eingriffsverbot, Verwendungsempfehlung),

- Überwachung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser, z.B. Eluat-Untersuchung, direkte Sickerwasseruntersuchung,
- Überwachung des Grundwassers, z.B. Beprobung auf Schadstoffparameter im Zu- und Abstrom, ggf. Untersuchung auf injizierte Nährlösungen, Oxidationsmittel usw.

In Ausnahmefällen kann auch eine Kontrolle des Wirkungspfades Boden – Bodenluft angezeigt sein.

## **6.2 Nachsorge bei Sicherungsmaßnahmen**

Sicherungsmaßnahmen erfordern normalerweise eine umfangreichere Nachsorge als Dekontaminationsmaßnahmen. Neben der Kontrolle der dauerhaften Unterbrechung der Wirkungspfade (Überwachung der Wirkungspfade) sind in der Regel auch Funktionskontrollen von Bauwerken oder Anlagen sowie Maßnahmen des Langzeitbetriebes und der Langzeitunterhaltung sowie der Langzeiterhaltung erforderlich.

### **6.2.1 Oberflächenabdeckungen**

Bei Oberflächenabdeckungen (Systemen ohne technische Dichtungen) sind in der Regel u.a. folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Unterhaltungsmaßnahmen, z.B. regelmäßige Vegetationspflege
- Erhaltungsmaßnahmen (Reparatur oder Erneuerung der Abdeckung) bei Bedarf
- Funktionskontrollen: Dazu gehören regelmäßige Kontrollen der Vegetation sowie Kontrollen auf Beschädigungen der Abdeckung im Rahmen von mindestens jährlichen Flächenbegehungen, Setzungskontrollen in größeren Zeitabständen.
- Überwachung der Wirkungspfade: Erfassung der Grundwasserqualität und ggf. der Grundwasserstände im An- und Abstrom, ggf. Überwachung von Gasmigrationen. Sofern Nutzungseinschränkungen angeordnet oder empfohlen wurden, sind Nutzungskontrollen durchzuführen.

Weitere ggf. zu überprüfende Sachverhalte und mögliche Nachsorgemaßnahmen können der Tabelle 6-3 entnommen werden.

Tabelle 6-3: Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von Oberflächenabdeckungen; verändert nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Kontroll-element	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freilegen schadstoffbelasteter Schichten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosionsrinnen als Folge intensiver Niederschläge bei geringdeckender Vegetation</li> <li>Windbruch von Gehölzen</li> <li>Grabe- und Wühltätigkeiten von Tieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verformung des Ablagerungskörpers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzungen und Sackungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> <li>Setzungskontrollen (alle 1-3 Jahre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schäden an der Abdeckung und am Bewuchs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasser- und Nährstoffmangel</li> <li>Schädlingsbefall</li> <li>Befahren mit schwerem Gerät</li> <li>Unkontrollierte Freizeitaktivitäten</li> <li>Gasmigration</li> <li>Durchwurzelung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> <li>Wirkungspfadkontrollen (s. Text; 1-2x jährlich)</li> </ul>

### 6.2.2 Oberflächenabdichtungen

Oberflächenabdichtungssysteme sollen die direkte Schadstoffaufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen, die Zusickerung von Niederschlagswasser in die Altlast sowie die Ausbreitung von kontaminierter Bodenluft verhindern. Je nach geplanter Nutzung wird die Oberfläche mit Asphalt versiegelt (häufig bei Altstandorten) oder begrünt (häufig bei Altablagerungen). Im Zusammenhang mit der Abdichtung von Altablagerungen muss häufig Deponiegas kontrolliert gefasst, abgeleitet und behandelt bzw. entsorgt werden (siehe Kap. 6.2.7).

Begrünte Oberflächenabdichtungssysteme bestehen in der Regel aus Bewuchs, Rekultivierungsschicht, Entwässerungselement (mineralisch oder geosynthetisch), Dichtung (Kunststoffdichtungsbahn, tonhaltige oder modifizierte mineralische Dichtung, Asphalt, geosynthetische Tondichtungsbahn, Kapillarsperre) und Dichtungsaufleger / Gasdränageschicht.

Bei Oberflächenabdichtungssystemen können je nach Fallgestaltung folgende Nachsorgemaßnahmen erforderlich sein:

- **Unterhaltungsmaßnahmen:**
  - bei Asphaltoberflächen Inspektion i.d.R. einmal jährlich, im Bedarfsfall Reparatur von Schäden infolge Nutzung oder Verformung,
  - bei begrünten Oberflächen Pflege der Vegetation (z.B. Mäharbeiten, Gehölzpflege), normalerweise ein- bis dreimal jährlich,
  - Unterhaltung von Anlagen zur Oberflächenentwässerung (z.B. Grabenreinigung) ein- bis zweimal pro Jahr,
  - Inspektion und Reinigung unterirdischer Entwässerungsanlagen (Dränleitungen, Schächte), i.d.R. einmal pro Jahr,
  - Instandhaltung von Zäunen und Toren sowie Betriebswegen und Betriebsflächen bedarfsabhängig,
  - Wartung von Mess- und Kontrollsystemen ca. einmal jährlich.
- **Erhaltungsmaßnahmen (bei Bedarf Reparatur oder Erneuerung von größeren Teilen oder der gesamten Oberflächenabdichtung)**
- **Funktionskontrollen:**
  - Kontrolle der Oberfläche einschließlich der Vegetation bzw. der Oberflächenversiegelung im Rahmen von Flächenbegehungen, ca. einmal jährlich,
  - Setzungskontrollen anfangs jährlich, später seltener,
  - Bei bestimmten Fällen können erforderlich sein: Hydrologische Messungen, insbesondere Erfassung von Entwässerungsschichtabfluss (kontinuierlich oder mindestens wöchentlich), Oberflächenabfluss (ggf. kontinuierlich) und Niederschlag (mindestens wöchentlich). Ermittlung der Dichtungsdurchsickerung ggf. in Lysimetern. Ermittlung zumindest jährlicher Gesamtbilanzen einschließlich Verdunstung und Dichtungsdurchsickerung durch systematische Datenauswertung, ggf. in Verbindung mit Modellrechnungen.
  - Falls ein Leckortungssystem in der Oberflächenabdichtung installiert wurde, sollte regelmäßig eine Überprüfung auf Leckanzeigen stattfinden.
  - Überprüfung eventueller Gasmigration durch die Oberflächenabdichtung, z.B. mittels FID-Messungen (bei Bedarf).

- Die Langzeitbeständigkeit von Dichtung und Entwässerungselement kann am besten durch Aufgrabungen des gesamten Schichtenpakets in Verbindung mit bodenkundlichen und bodentechnischen Untersuchungen sowie Materialprüfungen überwacht werden. Aufgrabungen geben am umfassendsten Aufschluss über Zustand und Veränderungen des Systems. Sie sollten an mehreren, vorzugsweise „kritischen“ Stellen in Abständen von etwa 5 Jahren durchgeführt werden.

Weitere ggf. erforderliche Funktionskontrollen bei begrünter Oberflächenabdichtungssystemen können der Tabelle 6-4 entnommen werden. Der Umfang der Funktionskontrollen hängt vom konstruktiven Aufbau des Systems ab.

Tabelle 6-4: Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von Oberflächenabdichtungssystemen; verändert nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
Bewuchs und Re-kultivierungsschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freilegen der Entwässerungsschicht und der Dichtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosion</li> <li>• Windbruch von Gehölzen</li> <li>• Grabe- und Wühltätigkeiten</li> <li>• unkontrollierte Freizeitaktivitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetationsschäden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migration von Gasen</li> <li>• Veränderung der bodenhydrologischen Verhältnisse (Verwässerung, Austrocknung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkungspfadkontrolle Luft (nach Bedarf)</li> <li>• Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> <li>• Wasserbilanzermittlung (nach Bedarf)</li> <li>• Aufgrabungen (ca. alle 5 Jahre)</li> </ul>
Entwässerungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstopfung, Verschlammung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchwurzelung</li> <li>• Einwaschen von Feinstmaterial,</li> <li>• Fällung von Stoffen (Karbonate, Oxide, Huminstoffe)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abflussmessungen (nach Bedarf)</li> <li>• Wasserbilanzermittlung (nach Bedarf)</li> <li>• Flächenbegehung (witterungsabhängig)</li> <li>• Aufgrabungen (ca. alle 5 Jahre)</li> </ul>

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschreiten des Mindestgefälles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzungen, Sackungen, Verformungen des Altlastkörpers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzungskontrollen (nach Bedarf, ggf. alle 1-3 Jahre)</li> </ul>
Dichtungselement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Austrocknung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kapillarer und dampfförmiger Wassertransport</li> <li>Wasserentzug durch Vegetation</li> <li>Temperaturschwankungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserbilanzermittlung (nach Bedarf)</li> <li>Aufgrabungen (ca. alle 5 Jahre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchdringung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wurzelwachstum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> <li>Aufgrabungen (ca. alle 5 Jahre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verformung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Setzungen, Sackungen, Verformungen des Altlastkörpers, Standsicherheitsprobleme, Auflast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flächenbegehung (ca. 1x jährlich)</li> <li>Setzungskontrollen (nach Bedarf, ggf. alle 1-3 Jahre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rissbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Austrocknung</li> <li>Setzungen, Verformungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufgrabungen (ca. alle 5 Jahre)</li> </ul>

- Überwachung der Wirkungspfade:
  - Falls Oberflächen- und Entwässerungsschichtabfluss in ein empfindliches oberirdisches Gewässer eingeleitet werden, ist ggf. ihre Beschaffenheit zu überprüfen. Wenn eine Erstbeprobung Hinweise auf mögliche Beschaffenheitsprobleme ergibt, sollten weitere Beprobungen erfolgen, in den Anfangsjahren zwei- bis viermal jährlich, später seltener, insbesondere bei wiederholtem Unterschreiten der Kontrollwerte.
  - Falls oberirdische Gewässer als Schutzgüter zu berücksichtigen sind, erfolgen hier Wasser- und Sedimentuntersuchungen etwa ein- bis viermal jährlich. Die Beprobungsstellen ergeben sich aus dem Überwachungsprogramm der Erkundungs- und Sanierungsphase der Altlast sowie den Einleitstellen der Abläufe des Oberflächenabdichtungssystems.

- Wenn ein Einstau („Stauwasserkörper“) im Kontaminationskörper unter der Abdichtung besteht, ist der Wasserspiegel regelmäßig mit einem geeigneten Messstellennetz zu kontrollieren. Messhäufigkeiten von zwei- bis viermal pro Jahr sind angemessen.
- Insbesondere wenn organische Belastungen vorliegen, sollte der Kontaminationskörper hinsichtlich langzeitiger qualitativer Veränderungen kontrolliert werden („Deponieverhalten“). Hierzu gehören Veränderungen der Stauwasserbeschaffenheit, der Temperaturen und der Gasbildung. Wasseranalysen sind i.d.R. nur in mehrjährigen Abständen erforderlich, Temperaturmessungen können in Verbindung mit Wasserspiegelmessungen erfolgen, Gasanalysen sollten zumindest jährlich durchgeführt werden.
- Die Grundwasserbeschaffenheit und -hydraulik sind mit Hilfe eines geeigneten Messstellennetzes (An- und Abstrom) zu überwachen. Die Beprobungshäufigkeit hängt u.a. von der Grundwasserfließgeschwindigkeit, von der Art und Qualität des Sicherungsbauwerkes sowie der Sensibilität einer möglichen Grundwassernutzung ab und liegt in der Regel zwischen vierteljährlich und jährlich (siehe auch Kap. 5.2.4).
- Zur Erfassung der Grundwasserhydraulik werden kontinuierliche Messungen an ausgewählten Basisstationen empfohlen. Darüber hinaus werden Stichtagsmessungen an allen Messstellen im Wirkungsbereich des Sicherungsbauwerkes empfohlen (Häufigkeit: mindestens zweimal pro Jahr).
- Im Falle einer möglichen Deponiegasmigration können Bodenluftuntersuchungen und bei bestätigtem Migrationsverdacht Luftanalysen in genutzten Gebäuden und anderen baulichen Anlagen (besonders Schächten) im Umfeld des Sicherungsbauwerkes erforderlich werden.
- Sofern bei Abdichtungen von Altablagerungen das Deponiegas kontrolliert gefasst, abgeleitet und behandelt bzw. entsorgt werden muss, sind ggf. die in Tabelle 6-7 aufgeführten Maßnahmen durchzuführen.

### 6.2.3 Dichtwände

Vertikale Dichtwände dienen dazu, die Durchströmung kontaminierter Bereiche von Altlasten durch Grundwasser oder Stauwasser bzw. eine Ausbreitung von kontaminierter Bodenluft zu unterbinden oder zu minimieren. Für die Sicherung von Altlasten mittels Dichtwänden steht ein breites Spektrum unterschiedlicher Bauverfahren zur Verfügung (zementfreie und zementhaltige Wände als Einphasen- oder Zweiphasenwand, Kombinationsdichtwand, Spund-

wand, überschnittene Bohrpfehlwand). Das Verfahrensprinzip besteht hauptsächlich darin, entweder Boden entlang der Dichtwandtrasse auszuheben oder zu verdrängen und stattdessen ein Dichtungsmaterial einzubringen oder die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens durch unterschiedliche Verfahren zu verringern.

Bei der Ableitung von Nachsorgemaßnahmen für vertikale Dichtwände sind die Spezifika der verschiedenen Dichtwandssysteme zu beachten. Die Beurteilung der Schicht, in welche die Dichtwand einbindet, sollte hierbei einbezogen werden, da diese Bestandteil des Gesamtsystems ist. Die Nachsorge im Zusammenhang mit Dichtwänden kann generell folgende Punkte enthalten:

- Sichtprüfung auf Verformungen, verursacht durch Setzungen des umgebenden Erdreiches (insbesondere in Bergsenkungsgebieten oder bei Aufschüttungen) oder durch nachträgliche Auflast auf die vorhandene Wand oder benachbarte Flächen (Überbauung),
- Überwachung des Grundwasserstandes und der Grundwasserbeschaffenheit zur Überprüfung auf Fehlstellen,
- ggf. Durchführung von Pumpversuchen bei festgestellten Schadstoffausträgern oder sonstigen Hinweisen auf Undichtigkeiten,
- Überprüfung der hydraulischen Verhältnisse im Grundwasseran- und -abstrom,
- Aufstellen oder ggf. Fortschreiben von Wasserbilanzen (Bilanz- und Modellrechnungen) zur Überprüfung der Systemdurchlässigkeit der Dichtwand,
- ggf. Kernbohrung in der Wand zur Beurteilung der Beständigkeit (chemische Analyse der Bohrkerns, Kamerabefahrung der Bohrlöcher, fachgerechtes Verschließen der Bohrungen).

Weitere ggf. zu überprüfenden Sachverhalte und mögliche Maßnahmen sind in der Tabelle 6-5 aufgeführt. Bei Kapselbauwerken (bestehend aus Dichtwänden und Oberflächenabdichtungssystemen) mit dem Ziel der nachhaltigen Unterbrechung der Wirkungspfade sind ergänzend zu den hier genannten Nachsorgemaßnahmen ggf. die in Kapitel 6.2.2 aufgeführten Funktionskontrollen von Oberflächenabdichtungssystemen erforderlich.

Tabelle 6-5 Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von Dichtwänden;  
verändert nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Maßnahme/Häufigkeit
Wandfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verformung der Wand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Kontrolle der Oberfläche (ca. 1x jährlich)</li> <li>• Setzungskontrollen im Dichtwandkopfbereich, z.B. Längs- und Höhenvermessung von Oberflächenpegeln (alle 1-3 Jahre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrosion/ Erosion</li> <li>• Beständigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. visuelle Kontrolle der Oberfläche (ca. 1x jährlich)</li> <li>• ggf. Überprüfung der Wandstärke durch Freilegen der Dichtwand (nach Bedarf)</li> <li>• ggf. Kernbohrung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemdichtigkeit</li> <li>• Fehlstellen</li> <li>• Unterströmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stichtagsmessung (mindestens 2x jährlich) oder kontinuierliche Überprüfung der Grund- und Stauwasserstände an der Innen- und Außenseite</li> <li>• Grundwasseranalysen auf Einzel-, Summen- und Leitparameter (mindestens 1x jährlich)</li> <li>• ggf. Beprobung von benachbarten Bodenluftmessstellen (nach Bedarf)</li> <li>• ggf. Pumpversuche (nach Bedarf)</li> <li>• Fortschreibung von Wasserbilanzen (nach Bedarf)</li> <li>• ggf. Freilegen der Dichtwand (nach Bedarf)</li> </ul>

#### 6.2.4 Durchströmte Wände

Durchströmte Wände sind im Untergrund senkrecht zur Grundwasserfließrichtung angeordnete Wandsysteme unterschiedlicher Bauart, die auch als In-situ-Reinigungswände bezeichnet werden. Sie dienen dazu, das Grundwasser passiv, d.h. ohne Grundwasserentnahme, in-situ durch Abbau oder Rückhalt zu reinigen. Als grundsätzliche Funktionsprinzipien kommen insbesondere vollflächig durchströmte Wände oder Funnel-and-gate-Systeme in Frage. Funnel-and-gate-Systeme bestehen aus Leitwänden („funnel“, die das Grundwasser zum durchlässigen Reaktor, dem „gate“, leiten.

Die Wirksamkeit des Wandsystems und die Standzeiten der reaktiven Materialien hängen vorrangig von folgenden Faktoren ab:

- grundsätzliche Eignung bezüglich Grundwasserhydraulik, Grundwasserchemie, Schadstoffzusammensetzung und -konzentrationen im Grundwasser,
- Eignung des Wandmaterials für einen langfristigen Abbau oder Rückhalt,
- Durchflussmengen bzw. -raten,
- (langfristige) hydraulische Leistungsfähigkeit des Wandsystems,
- Verweilzeit des Grundwassers in der reaktiven Wand,
- Inhomogenitäten der Belastung in der Verunreinigungsfahne (vertikal und horizontal).

Da sich die Reinigungswirkung durchströmter Reinigungswände im Wesentlichen nur auf den Abstrom dieser Wände bezieht, sind die Wände in der Regel den hydraulischen Sicherungsmaßnahmen zuzuordnen, auch wenn in den Wandsystemen ein Abbau von Schadstoffen stattfindet bzw. stattfinden kann.

Bei bautechnischen Sicherungsmaßnahmen endet die Sanierungsphase nach Erstellung und Abnahme der Sicherungsbauwerke. Die Nachsorgephase umfasst den gesamten erforderlichen Zeitraum der Funktionskontrollen und Überwachung im Hinblick auf den Nachweis der Wirksamkeit des Sicherungsbauwerkes. Bei einer hydraulischen Sicherung mittels bautechnisch hergestellter durchströmter Wände ist eine vergleichbare Einstufung sinnvoll, d.h. auch hier kann nach Erstellung und Abnahme der durchströmten Wand die Betriebsphase der Wand der Nachsorge zugeordnet werden.

Bei durchströmten Wänden umfasst die Nachsorge nach derzeitigem Kenntnisstand dementsprechend hauptsächlich:

- Betriebs- und Erhaltungsmaßnahmen:
  - Regenerierung/Austausch von reaktivem Material/Adsorbermaterial,
  - In-Stand-Haltung der erforderlichen messtechnischen Ausstattung (Messpegel),
  - ggf. zur Erfüllung des Sanierungszieles erforderliche Reparaturen am Wandbauwerk bzw. den Leitwänden und Reaktoren („gates“).

- Funktionskontrolle und Überwachung der Wirkungspfade:
  - Überprüfung der Grundwasserbeschaffenheit in Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom auf vorhandene Schadstoffe und Metaboliten (anfangs je nach Erfahrungsstand mit den Schadstoffen und dem reaktiven Material bis sechsmal jährlich, später etwa zwei- bis viermal pro Jahr) sowie Kontrollen der Wasserstände im Hinblick auf die Veränderung der Grundwasserhydraulik durch die Wand (drei- bis sechsmal jährlich, anfangs häufiger, später seltener). Daneben gehören zur Überwachung der Wirkungspfade auch Kontrollen der Grundwasserbeschaffenheit in Grundwassermessstellen seitlich der Wand bzw. erforderlichenfalls die Entnahme von Grundwasserproben aus Schichten unterhalb der Wand im Hinblick auf eine Um- oder Unterströmung.
  - Überprüfung der Grundwasserströmungsverhältnisse im Umfeld der Wand und Abgleich mit den Ergebnissen und Prognosen des verwendeten Grundwasserströmungsmodells (ggf. Validierung und Modifizierung des Modells),
  - Überwachung sonstiger Wirkungspfade (z.B. Bodenluft bezüglich Gasbildung / Wasserstofffreisetzung bei Fe(II)): Je nach Bedarf im Einzelfall,
  - optische Kontrolle auf Setzungen oder Beschädigungen mindestens einmal jährlich bei einer Begehung,
  - Untersuchung des reaktiven Materials im Hinblick auf die Reaktivität, das Rückhaltevermögen oder die hydraulische Leistungsfähigkeit zur Kontrolle der im Planungsstadium gestellten bzw. später modifizierten Anforderungen (je nach Ergebnissen der Funktionskontrollen mindestens einmal jährlich).

#### **6.2.5 Sickerwasserfassungs- und -behandlungsanlagen sowie Kapselbewirtschaftungsanlagen**

Bei Anlagen, die begleitend zu einer bautechnischen Sicherung betrieben werden müssen, insbesondere Fassungsanlagen für Sickerwasser, das in einer gekapselten Ablagerung anfällt und entnommen werden muss, oder Entnahmehäuser zur Absenkung des Grundwasserstandes innerhalb eines „Dichtwandtopfes“ (sofern eine „Kapselbewirtschaftung“ erforderlich ist) sowie den zugehörigen Wasserbehandlungsanlagen sind in der Regel hauptsächlich folgende Nachsorgemaßnahmen durchzuführen:

- Sicherstellung von Betrieb und Erhaltung der Förder- und Aufbereitungsanlagen,
- kontinuierliche Erfassung der Förderraten,

- Kontrolle der Reinigungsleistung der Aufbereitungsanlage durch regelmäßige Zu- und Ablaufbeprobung, z.B. vierteljährlich oder häufiger,
- regelmäßige Überprüfung der Wasserstände innerhalb des Sicherungssystems (Stau- oder Grundwasserstände) im Vergleich zu den Wasserständen im Umfeld; hierbei ist ein viertel- bis halbjährlicher Messrhythmus empfehlenswert,
- Kontrolle der Beschaffenheit von Grund- und/oder Stauwasser innerhalb und außerhalb des Sicherungsbauwerkes in einem geeigneten Messstellennetz; bei Grundwasser-Dichtwandtöpfen ungefähr einmal jährlich, bei eingestauten Altablagerungen Stauwasserunteruntersuchungen in mehrjährigen Abständen,
- Berechnung der entnommenen Schadstofffracht (näherungsweise), i.d.R. jährlich,
- Bilanzierung der Stoffströme für das gesamte Sicherungsbauwerk, insbesondere bei Grundwasser-Dichtwandtöpfen oder -kapseln, i.d.R. jährlich.

### **6.2.6 Hydraulische Sicherungsmaßnahmen**

Bei hydraulischen Sicherungsmaßnahmen (hydraulischen Sperren), die in der Regel die Ausbreitung einer kontaminierten Grundwasserfahne verhindern sollen, sind hauptsächlich folgende Nachsorgemaßnahmen erforderlich:

- Betrieb und Erhaltung der Förder- und Aufbereitungsanlagen,
- Kontinuierliche Erfassung der Förderraten und ggf. Infiltrationsmengen sowie der Wasserstandsverläufe in den Förder- und ggf. Schluckbrunnen,
- Kontrolle der Reinigungsleistung der Aufbereitungsanlage, i.d.R. mindestens monatlich,
- Überwachung der Grundwasserstände durch ein Pegelschreibernetz (mit etwa vierzehntäglichen Kontrollen) oder Stichtagsmessungen an einer ausreichenden Zahl von Grundwassermessstellen mit monatlicher bis etwa vierteljährlicher Häufigkeit; Datenauswertung – falls vorhanden – mit Hilfe eines Grundwasserströmungsmodells,
- Überprüfung der Wirksamkeit der hydraulischen Sperre im Hinblick auf das Zurückhalten von Schadstoffen durch regelmäßige Untersuchungen der Grundwasserbeschaffenheit; Messhäufigkeit je nach geohydraulischer Situation zwischen einmal monatlich und einmal jährlich; Datenauswertung ggf. mit Hilfe eines Stofftransportmodells.

Tabelle 6-6 gibt eine Übersicht der ggf. zu überprüfenden Sachverhalte und der möglichen Nachsorgemaßnahmen.

Tabelle 6-6: Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von hydraulischen Sicherungsmaßnahmen; verändert nach: LUA NRW 2004 (in Vorbereitung)

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
Förder- und Schluckbrunnen, Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nichteinhaltung vorgegebener Förderleistungen und Absenkziele</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlagenausfall</li> <li>Verockerungen, Versinterungen</li> <li>Leckagen</li> <li>Pumpendefekte</li> <li>Versagen von Filtereinrichtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrollen der Anlagenkomponenten (wöchentlich)</li> <li>Funktionskontrollen (wöchentlich)</li> <li>Grundwasserhydraulische Kontrollen (monatlich bis halbjährlich bzw. kontinuierlich)</li> </ul>
Aufbereitungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unvollständige Abreinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse Anlagenstörungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrollen der Anlage (mindestens wöchentlich)</li> </ul>
Umfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umströmung / unkontrolliertes Abströmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nichteinhalten vorgegebener Förderleistungen</li> <li>Veränderung der hydraulischen Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrollen der Anlage (mindestens wöchentlich)</li> <li>Systematische Kontrolle der Geohydraulik im weiteren Umfeld (monatlich bis halbjährlich bzw. kontinuierlich), Auswertung i.d.R. modellgestützt</li> <li>Anpassung von Förderbrunnen und Förderraten, i.d.R. mit Modellhilfe</li> </ul>

### 6.2.7 Schutzentgasungs- und Schutzbelüftungsanlagen

Bei den Schutzentgasungs- bzw. Schutzbelüftungsanlagen ist zu unterscheiden zwischen den Anlagen, die zwischen der Altablagerung bzw. Schadstoffquelle und den gefährdeten Gebäuden / Bauwerken errichtet werden und den Anlagen, die unmittelbar am Gebäude / Bauwerk installiert sind. Solange man Gasmigrationen nicht ausschließen kann, ist eine Nachsorge dieser Schutzanlagen stets notwendig, um eine Gefährdung der Schutzgüter auszuschließen. Die Intensität der Kontrollen hängt davon ab, ob die wichtigsten Funktionen der Anlage fernüberwacht werden (Betriebszustand, Störungsmeldungen).

Die Nachsorge kann u.a. die in Tabelle 6-7 zusammengefassten möglichen Maßnahmen

enthalten, wobei vorausgesetzt wird, dass Störungsmeldungen fernüberwacht werden.

Tabelle 6-7: Mögliche Maßnahmen bei der Nachsorge von Schutzentgasungs- und Schutzbelüftungsanlagen

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
gesamte Schutzentgasungs- bzw. Schutzbelüftungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>sicherer Zustand der Gesamtanlage</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>mindestens einmal jährlich Überprüfung durch einen Sachkundigen</li> </ul>
Gasfassungs- und Belüftungseinrichtungen einschließlich Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dichtigkeit</li> <li>Verstopfungen von Drainagen, Kollektoren, Rohrleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flanschdichtungen undicht</li> <li>Rohrleitungen beschädigt</li> <li>Verschlämmungen, Verockerungen</li> <li>Wassereinstau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrollen der Drainagen, Kollektoren und Rohrleitungen (halbjährlich bzw. nach Bedarf)</li> </ul>
Gasförder-/ Belüftungsaggregate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse Anlagenstörungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrolle der Aggregate (wöchentlich)</li> </ul>
Gaswarn-einrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktion (Alarm, Abschaltungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse Funktionsstörungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrolle der Gaswarn-einrichtungen, ggf. Kalibrierung (wöchentlich)</li> <li>mindestens einmal jährlich Überprüfung durch einen Sachkundigen</li> </ul>
Explosionsschutz-einrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse Funktionsstörungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrolle der Explosionsschutz-einrichtungen (wöchentlich)</li> <li>mindestens einmal jährlich Überprüfung durch einen Sachkundigen</li> </ul>
Messgeräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diverse Funktionsstörungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betriebliche Kontrolle der Messgeräte, ggf. Kalibrierung (wöchentlich)</li> </ul>

Kontrollelement	Zu überprüfender Sachverhalt	Mögliche Ursache	Maßnahme/Häufigkeit
Gasbehandlungseinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktion</li> <li>• Reinigungsleistung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diverse Funktionsstörungen</li> <li>• Erschöpfung des Filtermaterials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebliche Kontrolle der Gasbehandlungseinrichtung (wöchentlich bis monatlich)</li> <li>• Ermittlung der Reinigungsleistung</li> <li>• ggf. Austausch der Filtermaterialien (z.B. Biomaterial, Aktivkohle) bzw. Verbesserung der thermischen oder nicht-katalytischen, autothermen Verbrennung</li> </ul>
Deponiegas-/ Bodenluftmessstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Tabelle 6-2</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Tabelle 6-2</li> </ul>
Gebäude/ Bauwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Tabelle 6-2</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Tabelle 6-2</li> </ul>

## 7 Kosten der Nachsorge

### 7.1 Allgemeines

Die Kosten der Nachsorge sind bereits dann von Bedeutung, wenn im Rahmen der Sanierungsuntersuchung unter verschiedenen Sanierungsvarianten mit unterschiedlichem Nachsorgeaufwand eine Entscheidung über die auszuführende Variante getroffen werden soll.

Bei Ermittlung der Nachsorgekosten müssen häufig sehr lange Zeiträume betrachtet werden und Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen mit unterschiedlichen Anteilen von Investitions- und Betriebskosten berücksichtigt werden. Im Rahmen der Sanierungsuntersuchung sollten mit Hilfe der dynamischen Kostenvergleichsrechnung [LAWA 1998, LUA NRW 2000] oder anderer geeigneter Berechnungsverfahren sämtliche Kosten – bezogen auf den zuvor verbindlich abgestimmten Betrachtungszeitraum – differenziert berechnet werden.

Im Allgemeinen wird nach Investitionskosten und laufenden Kosten für Betrieb und Erhaltung unterschieden. Die jährlichen Aufwendungen können Kosten von wenigen hundert bzw. tausend EUR für die Überwachung einzelner Wirkungspfade bis zu erheblichen Kosten von eini-

gen hunderttausend EUR für Betrieb, Erhaltung, Funktionskontrollen sowie die Überwachung der Wirkungspfade bei größeren Sicherungsbauwerken und -anlagen ausmachen.

Die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Anforderungen und Werte sind nicht schematisch anzuwenden, sondern an den spezifischen Einzelfall anzupassen.

## **7.2 Kostenrelevante Nachsorgeelemente**

Im Rahmen der Nachsorge fallen Kosten an für:

- den laufenden Betrieb von Anlagen
- die Unterhaltung von Bauwerken und Anlagen
- Erhaltungsmaßnahmen
- Funktionskontrollen von Bauwerken und Anlagen zur Überprüfung ihrer Wirksamkeit bezüglich der Einhaltung der Sanierungsziele
- Überwachung der Wirkungspfade
- Dokumentation.

Einzelheiten sind Tabelle 7.1 zu entnehmen.

Bei den sicherungsbegleitenden Anlagen (z.B. Sickerwasserbehandlungsanlagen, hydraulische Sperren, Schutzentgasungsanlagen) fallen u.a. laufende (Betriebs-)Kosten an für:

- Betriebsführung
- Betriebs- und Verbrauchsstoffe
- Energie und Wasser
- Probenahme und Analytik
- Entsorgung der Reststoffe
- Dokumentation usw.

Außerdem sind die Unterhaltungsaufwendungen für diese Anlagen (Wartung, Pflege, Reparaturen etc.) und Erhaltungsaufwendungen zu berücksichtigen. Die Betriebskosten können in fixe und variable Kosten unterschieden werden. Fixe Kosten, wie z.B. Anlagenmiete, Kontrollen, Wartung nach vorgeschriebenen Zeitintervallen, sind weitgehend unabhängig vom Betriebszustand der Anlagen. Variable Kosten (z.B. für Energie- oder Aktivkohleverbrauch)

hängen von der tatsächlichen Betriebsweise und der Anlagenleistung (z.B. Durchsatz, Schadstoffbelastung oder Reinigungsgrad) ab.

Sicherungsbauwerke sind zu unterhalten. Die laufenden Unterhaltungsaufwendungen für eine bautechnisch gesicherte Altlast umfassen u.a.:

- Sicherung des Geländes und der Zuwegungen
- Pflege der Grünflächen
- Reinigung und Instandhaltung der Entwässerungsgräben
- regelmäßige Inspektion und Reinigung der Drainage- und Rohrleitungen.

Bei Sicherungsbauwerken wird empfohlen, zwischen den Aufwendungen für die Langzeiterhaltung und erneuten Investitionen für Bauwerke und Anlagen zu unterscheiden.

Tabelle 7-1: Kostenrelevante Nachsorgeelemente; nach: LUA NRW 2004

Betrieb	Erhaltung	Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen	Wirkungspfad- und Nutzungskontrollen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflege und Wartung von Messstellen</li> <li>• Betriebsmittel</li> <li>• Entsorgungskosten</li> <li>• Wartung und Reparatur von Anlagen</li> <li>• Austausch von Aggregaten oder Geräten</li> <li>• Pflege der Vegetation</li> <li>• Instandhaltung von Oberflächenwasser-randgräben</li> <li>• Beseitigung von kleineren Schäden (z.B. Erosionsrinnen)</li> <li>• Spülen von Rohrleitungen</li> <li>• Analytik Betriebsführung</li> <li>• Personal</li> <li>• Versicherung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz von Anlagenteilen</li> <li>• Teilweise Erneuerung von Bauwerken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnungen (Stand-sicherheit, Wasserbilanz)</li> <li>• Überprüfung von Rohr-leitungen und Drainagen</li> <li>• Setzungsmessungen</li> <li>• Fotodokumentation</li> <li>• Kontrolle von Betriebs-einrichtungen (Gebläse, Pumpen usw.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenbegehungen und Gelände-untersuchungen</li> <li>• Probenahme</li> <li>• Wasser- und Luft-analytik</li> <li>• FID-Messungen</li> <li>• Überprüfung von Gebäuden</li> </ul>

Betrieb	Erhaltung	Funktionskontrolle von Bauwerken und Anlagen	Wirkungspfad- und Nutzungskontrollen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutachtliche Begleitung und Berichterstellung</li> <li>• Planungen</li> <li>• Evtl. Sicherheitsleistung nach § 10 BBodSchG</li> </ul>			

Bei der Funktionskontrolle von Bauwerken bzw. baulichen Anlagen (z.B. Oberflächenabdichtungen, Drainagen) können u.a. laufende Kosten anfallen für Kontrollen der Rekultivierungsschicht und Vegetation, der Entwässerungsschicht und der Dichtung, des Wasserhaushaltes, der Abflussqualität, der Gasbildung und der Setzungen. Hinzuzurechnen sind ggf. die Aufwendungen für eine gutachtliche Begleitung, Qualitätsmanagement, Dokumentation und eine regelmäßige Berichterstellung der Eigenkontrollmaßnahmen sowie für weitergehende Planungen.

Die Honorierung der Ingenieurleistungen kann entweder frei vereinbart bzw. nach Zeitaufwand (§ 6 HOAI) berechnet werden.

Weiterhin fallen regelmäßig Kosten für die Überwachung der Wirkungspfade (i.d.R. Probenahmen und Analysen bzw. andere Messungen) sowie zusätzlich auch Aufwendungen für Flächenbegehungen oder Nutzungskontrollen an.

### 7.3 Nutzungsdauer von Anlagen und Bauwerken

Aufgrund der begrenzten Nutzungsdauer technischer oder baulicher Anlagen (Tabelle 7-2) können während der Nachsorge sowohl kalkulierbare als auch unkalkulierbare Investitionskosten anfallen. Dies reicht z.B. vom Ersatz schadhafter Grundwassermessstellen oder der Ergänzung des Messstellennetzes bis hin zur Erneuerung von Anlagenkomponenten oder Bauwerksteilen. Daher sind in der Kostenvergleichsrechnung für den Zeitpunkt nach Ablauf der technischen Nutzungsdauer der Anlagen(-teile) bzw. Bauwerksteile Neuinvestitionen anzusetzen.

Tabelle 7-2: Beispiele für die durchschnittliche Nutzungsdauer für Anlagen und Bauwerke;  
nach: LAWA 1998 (verändert)

Bauwerke und Anlagen	Durchschnittliche Nutzungsdauer (Jahre)
Betriebsgebäude einschließlich Werkstätten, Garagen und dgl.	33-50
Fahrbahnen, Einstellplätze, Gehwege, befestigte Flächen	(25) 33-50
Einfriedungen:	
Zäune	10-12
Mauerwerk	25-50
Gerinne aus:	
Beton/Stahlbeton	in mildem Klima in rauhem Klima
	50-75 20-30
Stahl	25-35
Holz	nicht imprägniert imprägniert
	15 30
Leitungsrohre aus:	
Stahl	50
Stahlbeton	(40)-50
Tiefbrunnen mit Pumpenhaus	20-40 (50)
Elektromotorpumpengruppen	10-15
Dieselmotorpumpengruppen	8-12
Ortsfeste (unterirdische) Rohrleitungen	(20) 30-40 (60)
Freispegelleitungen	33
Offene unbefestigte Gräben	10-20
Rohrdränung als Flächenentwässerung	(25) 30-40
Wegbefestigung	
ohne Bindemittel	(2)-5
mit Zementbeton	25
mit bituminösen Bindemitteln im Heißeinbau	(8)-15
mit Betonsteinen	20-30
Niederschlagsmessgeräte	10-30
Pegelanlagen	15-25
Funk- und Fernsprechanlagen	10-20
Laborgeräte	(5) 10-20
Pumpen (Kreisel- und Unterwasserpumpen niedrigere, Kolbenpumpen höhere Werte)	15-20
Elektrische Anlagen, Notstromaggregate, Steuergeräte, Maschinenanlagen	15-20

Investitionskosten für den Bau gänzlich neuer Sanierungsanlagen und -bauwerke im Rahmen der Nachsorge sollten einem erneuten Arbeitsschritt Sanierung zugeordnet werden und bedürfen in der Regel jeweils neuer Grundlagenermittlungen und Entscheidungen.

#### 7.4 Kostenansätze für Elemente der Nachsorge

Für eine Kostenschätzung der Elemente insbesondere im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und die Kostenberechnung im Rahmen des Sanierungsplanes kann u.a. auch das Leistungsbuch Altlastensanierung und Flächenentwicklung des LUA NRW [1998] herangezogen werden, in dem für die meisten Leistungsbereiche und Leistungspositionen in der Praxis ermittelte Kosten angegeben sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die sich im Einzelfall ergebenden Kosten aufgrund der jeweiligen Randbedingungen und der Marktsituation von den im Leistungsbuch enthaltenen Angaben abweichen können. Das Leistungsbuch wird zurzeit überarbeitet und voraussichtlich 2004 als Neufassung veröffentlicht.

In Tabelle 7-3 werden für eine Fläche von 1 ha mit mittleren Anforderungen beispielhaft mögliche Kosten für die Überwachung von Wirkungspfaden aufgeführt.

Tabelle 7-3: Beispiele für geschätzte Kosten von Wirkungspfadkontrollen (bei ca. 1 ha Flächengröße und mittleren Anforderungen aus den Standortrandbedingungen); verändert nach: LUA NRW 2004

Überwachung	Art der Wirkungspfad- und Nutzungskontrollen	Randbedingungen	Untersuchungsgegenstand	Kosten (Orientierungswert)
Flächenbegehung	Ortsbegehung und visuelle Überprüfung der Geländeoberfläche	1 Begehung, gute Zugänglichkeit	Ortsbegehung und visuelle Überprüfung, Stellungnahme	ca. 380 - 630 EUR pro Begehung
Wirkungspfadkontrolle Luft	Bodenluftmessung	1 Bodenluftmessstelle	Überprüfung der Funktion, Probenahme, Analytik, gutachtliche Leistungen	ca. 250 - 320 EUR pro Messzyklus
	Raumluftmessung	1 Gebäudemessung	Visuelle Kontrolle des Bauwerkes organoleptische Ansprache, Raumluft-Probenahme, Messung auf deponietypische Gase, GC-Analytik auf BTEX, LHKW, gutachtliche Leistungen	ca. 230 - 330 EUR pro Messzyklus
	Kartierung von Gasaustritten	1 Begehung, normal begehbares Gelände, Untersuchungsraster 10 m	Ortsbegehung, FID-Messung der Oberfläche, Stellungnahme	ca. 630 - 1000 EUR pro Messzyklus
Wirkungspfadkontrolle Wasser	Grundwassermessung	1 Grundwassermessstelle	Visuelle Kontrolle der Zugänglichkeit und Funktion der Messstelle, Probenahme, Analytik, gutachtliche Leistungen	ca. 130 - 510 EUR pro Messzyklus (in Abhängigkeit vom Parameterumfang)
	Messung oberirdischer Gewässer	1 Wasseranalyse, gute Zugänglichkeit	visuelle Kontrolle von Auffälligkeiten, Probenahme, Analytik, Stellungnahme	ca. 280 - 435 EUR pro Messzyklus

Überwachung	Art der Wirkungspfad- und Nutzungskontrollen	Randbedingungen	Untersuchungsgegenstand	Kosten (Orientierungswert)
	Sickerwassermessung	1 Sickerwasseranalyse, gute Zugänglichkeit	visuelle Kontrolle von Auffälligkeiten, Probenahme, Analytik, Stellungnahme	ca. 180 - 440 EUR pro Messzyklus

In Tabelle 7-4 werden für eine Fläche von 1 ha mit mittleren Anforderungen beispielhaft mögliche Kosten für Betriebs- und Funktionskontrollen aufgeführt.

Tabelle 7-4: Beispiele für geschätzte Kosten von Betriebs- und Funktionskontrollen (Projekt mittlerer Größe mit ca. 1 ha Fläche und mittleren Anforderungen aus den Standortrandbedingungen); verändert nach: LUA NRW 2004

Nachsorge	Art der Funktionskontrolle und des Betriebs	Randbedingungen	Untersuchungsgegenstand	Kosten (Orientierungswert)
Grundwasserfassungs- und -behandlungsanlage	Betrieb der Anlage Funktionskontrollen von Fördereinrichtung, Wartung Visuelle und analytische Kontrolle	2 zentrale Erfassungsbrunnen (1 m <sup>3</sup> /h Leistung, Aktivkohlead-sorption)	Visuelle Kontrolle von Rohrleitungen, Pumpen etc., Reichweitenbestimmung, Entwicklung der Stoffkonzentration	<u>Betrieb:</u> 28.000 bis 36.000 EUR/ Betriebsjahr <u>Funktionskontrolle:</u> 1.200 – 2.200 EUR/Jahr <u>Gutachtliche Leistungen:</u> 3.800 – 5.100 EUR/Jahr
Bodenluftfassungs- und -behandlungsanlage	Betrieb der Anlage Funktionskontrollen von Aggregaten, Wartung Visuelle und analytische Kontrolle	5 Bodenluftmessstellen (250 m <sup>3</sup> /h Leistung, Aktivkohlead-sorption, Gasgemisch nicht explosionsfähig)	Visuelle Kontrollen von Rohrleitungen, Pumpen, Gebläse etc., Volumenstrommessung, Reichweitenbestimmung	<u>Betrieb:</u> 13.000 – 23.000 EUR / Betriebsjahr <u>Funktionskontrolle:</u> 1.200 – 2.200 EUR /Jahr <u>Gutachtliche Leistungen:</u> 3.900 – 5.100 EUR/Jahr

## 8 Literatur

**AAV NRW (Abfallentsorgungs- und Altlastensanierungsverband Nordrhein-Westfalen) (1995):** Studie zur Auswertung abgeschlossener Sanierungsmaßnahmen (unveröffentlicht)

**ALA (Ständiger Ausschuss Altlasten – Unterausschuss „Arbeitshilfe für Qualitätsfragen bei der Altlastenbearbeitung“ der LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz):** Arbeitshilfe Qualitätssicherung (2002); <http://labo-deutschland.de>

**BauGB** Baugesetzbuch (BauGB) vom 23. Juni 1960, BGBl. I 1960 S. 341, in der Fassung vom 27.08.1997 I S. 2141, zuletzt geändert am 23.07.2002, BGBl. I S. 2850; <http://jurcom5.juris.de/bundesrecht/bbaug>

**BBodSchG** (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17.03.1998: Bundesgesetzblatt 1998 Teil I S. 502

**BBodSchV** (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung) vom 12. 07. 1999: Bundesgesetzblatt 1998 Teil I S. 1554

**BImSchG** Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionschutzgesetz – BImSchG). Neufassung vom 26.09.2002. BGBl. I 2002, S. 3830

**DepV (Deponieverordnung) vom 24. 07. 2002:** Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung, Artikel 1: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung)

**DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V.) (1995):** Begriffe zum Qualitätsmanagement. DGQ-Schrift 11-04, Frankfurt

**DIN EN ISO 8402 (1995-08):** Qualitätsmanagement – Begriffe. Mit Beiblatt 1: Anmerkungen zu Begriffen. Beuth Verlag, Berlin

**DIN EN ISO 9000, 9001, 9004 (2000-12):** Normen zum Qualitätsmanagement und zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung. Beuth Verlag, Berlin

**DIN EN ISO/IEC 17025 (2000-04):** Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien. Beuth Verlag, Berlin

**Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (1995):** Deponie Georgswerder Sanierung 1984-1995, Hamburg

**GefStoffV** (Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen) (v. 15.11.1999) Bundesgesetzblatt 1999, Teil T, S. 2233

**HOAI** (Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure) (2002) Bundesgesetzblatt

**ITVA (Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V.) (1999):** Technisch-organisatorische Anforderungen an die qualitätsgesicherte Altlastsanierung, Arbeitshilfe K 1-1/99 des Ausschusses „Qualitätsmanagement“

**ITVA (Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V.) (2002):** Richtlinie Bodenabsaugversuch. Richtlinie H 1 – 1

**ITVA (Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V.) (2003): Arbeitshilfe Umlagerung und Einbau von Bodenmaterialien und Abbruchmaterialien auf Altlasten, Arbeitshilfe H 1 – 11 - Entwurf Stand November 2003**

**LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (1998):** Merkblatt für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Abfallentsorgungsanlagen - WÜ 98 Teil 1 Deponien –

**LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1998):** Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 6 Aufl.. Bayerisches Staatsministerium des Innern

**LfU B-W (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1997):** Leitfaden fachtechnische Kontrolle von altlastverdächtigen Flächen, Altlasten und Schadensfällen. Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Band 25, Karlsruhe

**LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) (1997):** Auswertung der Erfahrungen aus durchgeführten Sicherungsmaßnahmen bei Altlasten. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 3, Hrsg. LUA.NRW, Essen

**LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein Westfalen) (1998):** Leistungsbuch Altlastensanierung und Flächenentwicklung. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 5, Hrsg. LUA NRW, Essen

**LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) (2000):** Anforderungen an eine Sanierungsuntersuchung unter Berücksichtigung von Nutzen-Kosten-Aspekten. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 11, LUA NRW, Essen

**LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) (2004):** Überwachung, Nachsorge und Eigenkontrolle bei der Altlastenbearbeitung– Ein Leitfaden für die praktische Arbeit in NRW. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, LUA NRW, Essen (in Vorbereitung).

**MURL NRW (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen) (1998):** Ordnungsbehördliche Verordnung über die Selbstüberwachung von oberirdischen Deponien (DepSüVO NW)

**SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1989):** Sondergutachten Altlasten. Metzler-Poeschel Verlag, Bonn

**SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1995):** Altlasten II – Sondergutachten. Metzler-Poeschel Verlag, Stuttgart

**TBG (Tiefbau-Berufsgenossenschaft) (2000):** Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. BG-Regeln, kontaminierte Bereiche (BGR 128)

**TrinkwV** Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001). BGBl. I (2001) S. 959-980

**UBA (Umweltbundesamt) (1996a):** Anforderungen an die Überwachung von Altlastverdachtsflächen und gesicherten Altlasten - Dokumentation eines Fachgesprächs im UBA am 12./13. Oktober 1995 - Materialiensammlung -

**UBA (Umweltbundesamt) (1996b):** Analyse durchgeführter Altlastensanierungen im Hinblick auf Sanierungserfolge (Monitoring sanierter Altlasten). Durchführende Institution: focon® GmbH. UBA-Texte 67/96, Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin

**UBA (Umweltbundesamt) (1999):** Erarbeitung von Programmen zur Überwachung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten. Durchführende Institution: ARCADIS Trischler und Partner mbH. UBA-Texte 96/99, Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin









