

## Auswertung von MNA-Konzepten in Deutschland

### Zustandsanalyse

#### - Schlussbericht zur Veröffentlichung -

**Auftraggeber:** Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig

**Auftragnehmer:** BFM Umwelt GmbH Beratung-Forschung-Management  
Zehentstadelweg 7  
81247 München

**Projekt-Nr.:** P110601

**Bericht-Nr.:** B110601-03A

**Seitenzahl:** 120 Seiten

**Anlagenzahl:** keine

München, den 28. November 2014



J. Weindl



i.A. J. Huber

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	2
1 Vorbemerkungen .....	4
2 Zusammenfassung .....	6
3 Untersuchungsrahmen .....	8
3.1 Problemstellung und Zielsetzung .....	8
3.2 Kriterien zur Auswahl der untersuchten Standorte .....	9
4 Durchführung der Untersuchung .....	13
4.1 Formaler und zeitlicher Rahmen .....	13
4.2 Methodische Herangehensweise und Dokumentation .....	13
4.3 Beschreibung des Untersuchungsablaufs .....	14
4.4 Einordnung der Interviewpartner .....	15
4.5 Schwierigkeiten bei der Durchführung der Untersuchung .....	16
5 Zusammenfassung der Fallkonstellationen untersuchter Projekte .....	17
5.1 Allgemeine Standortdaten der untersuchten Vorhaben .....	17
5.1.1 Verteilung der untersuchten Standorte auf Bundesländer .....	17
5.1.2 Typisierung der Standorte .....	17
5.1.3 Relevante Schadstoffe an den Standorten .....	20
5.1.4 Charakterisierung der Geologie und Hydrogeologie .....	22
5.1.5 Verursacher der Schadensfälle .....	27
5.2 Übersicht untersuchter Vorhaben .....	28
6 Zustandsanalyse Umsetzung von MNA-Konzepten .....	37
6.1 Ablauf und Rahmen der Erstellung von MNA-Konzepten .....	37
6.1.1 Pflichtige und Maßnahmenträger .....	37
6.1.2 Initiativen .....	37
6.1.3 Zeitliche Abläufe .....	38
6.1.4 Bearbeitungsschritte zur Erstellung und Genehmigung von MNA-Konzepten .....	41
6.1.5 Projektbeteiligte .....	42
6.1.6 Informationsquellen und Hilfsmittel .....	44
6.1.7 Schwierigkeiten und Konflikte .....	45
6.1.8 Rechtliche Ausgestaltung und Regelungsinstrumente .....	46
6.1.9 Fazit zum Ablauf und Rahmen der Erstellung von MNA-Konzepten .....	48
6.2 Untersuchung der Standorte .....	48
6.3 Schutzgutbetrachtungen .....	49
6.3.1 Grundwasser .....	49
6.3.2 Immissionsbetrachtungen .....	51
6.3.3 Sonstige Schutzgüter und Wirkungspfade .....	53
6.3.4 Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, sonstige Beeinträchtigungen .....	53
6.3.5 Fazit zu den Schutzgutbetrachtungen .....	55
6.4 Umgang mit der Schadstoffquelle und aktive Maßnahmen .....	56
6.4.1 Charakterisierung der Schadstoffquelle .....	57
6.4.2 Charakterisierung der Schadstoffquelle bei fehlender Quellensanierung .....	58
6.4.3 Maßnahmen der Quellensanierung .....	58
6.4.4 Gründe für den Umgang mit der Schadstoffquelle .....	66
6.4.5 Fazit zum Umgang mit der Schadstoffquelle .....	68
6.5 Nachweis, Verständnis und Quantifizierung der Minderungsprozesse .....	70
6.5.1 Eingesetzte Verfahren .....	70
6.5.2 Untersuchte Kompartimente und Proben .....	72
6.5.3 Hydraulische Modellierung und Transportmodelle .....	73
6.5.4 Nachweis der Minderungsprozesse .....	74
6.5.5 Frachtreduktion im Fahnenverlauf .....	75

6.5.6	Abgrenzung von Schadstoffabbau und –verdünnung .....	76
6.5.7	Fazit zum Verständnis der Minderungsprozesse .....	77
6.6	Betrachtung der Schadstofffahne .....	77
6.6.1	Stationarität der Schadstofffahne .....	79
6.6.2	Schadstoffinventarisierung der Quelle und Fahne .....	81
6.6.3	Vorkommen und Bildung von Metaboliten .....	81
6.6.4	Aktuelle räumliche Begrenzung der Fahne .....	82
6.6.5	Austragsverhalten aus der Quelle .....	83
6.6.6	Bewertung räumliche Schadstoffausbreitung in Bilanzebenen .....	83
6.6.7	Fazit zu Umgang mit und Charakterisierung der Schadstofffahne .....	84
6.7	Prognose.....	85
6.7.1	Feststellungen zur Prognose.....	86
6.7.2	Fazit zur Prognose .....	87
6.8	Maßnahmenziele.....	87
6.8.1	Festgestellte Maßnahmenziele.....	88
6.8.2	Fazit Maßnahmenziele .....	90
6.9	Zeitraum für MNA.....	91
6.9.1	Feststellungen zur Laufzeit von MNA-Vorhaben.....	92
6.9.2	Fazit zur Laufzeit von MNA Vorhaben .....	93
6.10	Ermessen und Verhältnismäßigkeit .....	93
6.10.1	Verhältnismäßigkeitsprüfung bei den untersuchten Vorhaben .....	96
6.10.2	Fazit zur Verhältnismäßigkeitsprüfung.....	99
6.11	Ausgestaltung von MNA.....	100
6.11.1	Festgestellte Ausgestaltung von MNA .....	100
6.11.2	Fazit Ausgestaltung von MNA .....	102
6.12	Rückfallszenarien.....	103
6.12.1	Festgestellte Rückfallszenarien.....	103
6.12.2	Fazit zur Thematik Rückfallszenarien.....	105
7	Fazit aus der Studie und Empfehlungen.....	106
7.1	Typisierung der Anwendungsfälle.....	106
7.2	Voraussetzungen für MNA.....	107
7.2.1	Fahne.....	107
7.2.2	Verlagerung zur Tiefe .....	108
7.2.3	Schutzgüter.....	109
7.2.4	Prozessverständnis Schadstoffminderung.....	110
7.2.5	Schadstoffquelle.....	111
7.2.6	Prognose.....	112
7.2.7	Gesamtfazit Voraussetzungen für MNA.....	113
7.3	Handlungsrahmen.....	114
7.3.1	Verfahrensabläufe und Dokumentation .....	114
7.3.2	Konkretisierungen und Quantifizierungen.....	115
7.3.3	Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessen .....	116
7.3.4	Ausgestaltung von MNA.....	118
8	Literatur, Quellen und Regelwerke .....	120

## 1 Vorbemerkungen

Die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung (Natural Attenuation, NA) hat bei der Bewertung und Bearbeitung von durch schädliche Bodenveränderungen verursachten Grundwasserschäden seit langem eine erhebliche Relevanz. Als wesentliche Strategien oder Maßnahmen sei an dieser Stelle, ohne vertiefte Erläuterungen, zwischen Enhanced Natural Attenuation (ENA) als aktive In-situ-Sanierungsmaßnahme und Monitored Natural Attenuation (MNA) als Überwachungsmaßnahme zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen unterschieden.

Gegenstand der in diesem Bericht zusammengefassten und ausgewerteten Zustandsanalyse ist die Bandbreite behördlichen Handelns bei der Umsetzung von MNA-Konzepten. Obgleich natürliche Schadstoffabbau- und Schadstoffrückhalteprozesse sowohl im Bundes-Bodenschutzgesetz als auch in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung Erwähnung finden, beziehen sich die diesbezüglichen Ausführungen primär auf Vorgänge bei der Bodenpassage des Sickerwassers. Ein gesetzlicher Handlungsrahmen, der MNA im Sinne der Kontrolle der Wirksamkeit natürlicher Schadstoffminderungsprozesse zum Thema hat, ist daher nicht gegeben.

Seitens der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) wurde in der letztgültigen Version vom 10.12.2009 das Positionspapier „Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung“ („LABO-PoP“ /3/) veröffentlicht. Dieser Fassung hat die Umweltministerkonferenz zugestimmt und deren Anwendung in den Ländern empfohlen. Insofern orientiert sich die vorgenommene Studie in wesentlichen Punkten an diesem Positionspapier und versucht die zentralen Inhalte dessen in der Zustandsanalyse abzubilden. Ein von den Vorschlägen des LABO-PoP /3/ abweichendes Vorgehen bei der Anwendung von MNA resultiert dabei allerdings teilweise daraus, dass bei einem Teil der untersuchten Vorhaben bereits vor Veröffentlichung des LABO-PoP /3/ Überlegungen, Untersuchungen sowie Entscheidungen hinsichtlich der Anwendbarkeit von MNA vorgenommen wurden.

Der vorliegende Bericht ist der Schlussbericht zum Vorhaben „Auswertung von MNA-Konzepten in Deutschland“. Die dabei vorgenommene Zustandsanalyse der Umset-

zung von MNA in Deutschland beruht auf der Auswertung von 24 Standorten (Altlasten, schädliche Bodenveränderungen und ein Altstandort unter Bergrecht) in Deutschland.

Die direkte Vergleichbarkeit der untersuchten Vorhaben ist für eine ganze Reihe von Aspekten schwierig bis unmöglich. Zudem stößt die systematische Auswertung von 24 Vorhaben, die in Summe nahezu 700 Jahre der Altlastenbearbeitung aufweisen, an ihre Grenzen. Insofern sind diverse Untersuchungsergebnisse teilweise qualitativ oder semiquantitativ aufgebaut. Zudem wurde versucht, in die Bewertungen auch Aussagen und Einschätzungen aus den persönlichen Gesprächen mit den Behördenvertretern einzukoppeln. Auf eine rein statistische Auswertung mit Prozentangaben wurde deshalb und wegen der endlichen Fallzahl verzichtet.

Abschließend noch einige redaktionelle Hinweise zu diesem Bericht:

- Wiederholt werden in dem vorliegenden Bericht Aktivitäten und Veröffentlichungen einzelner Landesämter thematisiert. Hierzu ist anzumerken, dass sich die Bezeichnung dieser Ämter in einzelnen Fällen in der Vergangenheit geändert hat. Zur Vereinfachung wird im Regelfall die aktuelle Bezeichnung der jeweiligen Landesbehörde gewählt.
- Die Begriffe
  - „LABO-PoP /3/“ und „Positionspapier“,
  - „stationär“ und „quasi-stationär“,
  - „Stationarität“ und „Quasi-Stationarität“ sowie
  - „Fahne“ und „Schadstofffahne“

werden synonym verwendet.

- Soweit nicht explizit auf eine Teilmenge oder auf andere Projekte verwiesen wird, sind mit dem Begriff „Vorhaben“ und dessen Synonymen stets die 24 untersuchten Vorhaben gemeint.

## 2 Zusammenfassung

Im Rahmen des beschriebenen Vorhabens wurden 24 Standorte, an denen die Anwendung von MNA bei von schädlichen Bodenveränderungen ausgehenden Grundwasserbelastungen umgesetzt oder geprüft wird, untersucht. Ziel war es dabei, im Sinne einer Zustandsanalyse, Erkenntnisse über die Art der Umsetzung von MNA-Konzepten im behördlichen Vollzug zu sammeln.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass es hinsichtlich des Vorliegens der Voraussetzungen von MNA sowie deren Nachweis im behördlichen Vollzug teilweise deutliche Abweichungen zu den Vorgaben des LABO-PoP /3/ gibt. Wie bereits erwähnt, resultiert ein von den Vorschlägen des LABO-PoP /3/ abweichendes Vorgehen bei der Anwendung von MNA dabei teilweise allerdings daraus, dass bei einem Teil der untersuchten Vorhaben bereits vor Veröffentlichung des LABO-PoP /3/ Überlegungen, Untersuchungen sowie Entscheidungen hinsichtlich der Anwendbarkeit von MNA vorgenommen wurden.

Insbesondere ist festzustellen, dass die Sanierung der Schadstoffquelle häufig nicht oder nur untergeordnet gegeben ist. Als Tendenz ist diesbezüglich festzuhalten, dass MNA in der Praxis durchaus als Alternative zu aktiven Sanierungsmaßnahmen im Sinne einer Dekontamination oder Sicherung angesehen wird. Grundsätzlich ist ein derartiges Vorgehen noch nicht im Widerspruch zu den Vorgaben des Positionspapiers, so es denn über eine Ermessensentscheidung auf Basis einer Verhältnismäßigkeitsprüfung begründet ist.

Unabhängig vom Umgang mit der Schadstoffquelle, kommt der Verhältnismäßigkeitsprüfung bei der Entscheidung über MNA entscheidende Bedeutung zu. Es wurde festgestellt, dass bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit häufig erhebliche Unsicherheiten bestehen. Bezüglich der grundlegenden Systematik ist festzustellen, dass die Festlegung ggf. vorläufiger Maßnahmenziele häufig fehlt. Die sequentielle Bearbeitung, nämlich zunächst die grundsätzliche Entscheidung über die Notwendigkeit von Maßnahmen im Rahmen des Entschließungsermessens zu treffen, im zweiten Schritt die Sanierungsuntersuchung auf Basis vorläufiger Maßnahmenziele anzufertigen, um dann im dritten Schritt im Rahmen des Auswahlermessens ggf. unter An-

passung der Ziele über die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen zu entscheiden, ist in der Praxis meist nicht gegeben. Speziell hinsichtlich der Prüfung der Angemessenheit bestehen zudem große Unsicherheiten, da es keine konkreten Bewertungsmaßstäbe gibt.

Trotz der Bedeutung der Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessensentscheidung bezüglich der Anwendung von MNA wird dieser Bearbeitungsschritt in der Praxis nur selten als schriftlich begründete Entscheidung der Behörde oder als Verwaltungsakt dokumentiert.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Quantifizierung von Prozessen, Vorgängen und Zeitabläufen bei der Anwendung von MNA in der Praxis trotz teilweise erheblicher Aufwendungen und Anstrengungen in Praxis ihre Grenzen erfährt. So ist das Prozessverständnis insgesamt häufig ein qualitatives. Dieser Sachverhalt soll hier zunächst nicht negativ belegt werden, die Konsequenz ist aber, dass in der Regel keine Prognose zur Regression einer Schadstofffahne möglich ist und somit die Anwendung von MNA zunächst ein Prozess ohne die zeitliche Perspektive einer Beendigung ist.

Von grundsätzlicher Bedeutung und über den Anwendungsbereich des LABP-PoP /3/ hinausgehend ist u.E. die Frage, wie mit der Beobachtung und Bewertung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen bei Vorhaben umzugehen ist, die aktuell als nicht sanierbar eingestuft werden und noch eine Ausweitung des schadstoffbelasteten Bereichs aufweisen.

Neben der Beobachtung der Belastung des Grundwassers mit Schadstoffen sollte in der Vollzugspraxis der möglichen Beeinträchtigung von Schutzgütern und Dritter, die keine Kenntnis von der Schadenssituation haben, erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden.



## 3 Untersuchungsrahmen

### 3.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Problemstellung ist in der Leistungsbeschreibung der Untersuchung /2/ wie folgt definiert:

*„Der Wirkungspfad Boden-Grundwasser ist der bei Altlasten am häufigsten betroffene Wirkungspfad und in vielen Einzelfällen ausschlagend für die Entscheidung über die Sanierung des Bodens und Grundwassers. Konventionelle Sanierungsmethoden führen selten zu einer vollständigen Beseitigung des Schadenherdes. Häufig bleiben Schadstoffrestbelastungen im Grundwasser und Boden zurück. Die erzielten Ergebnisse stehen oft in keinem Verhältnis zu den entstandenen Kosten und ziehen lange Laufzeiten und hohe Betriebskosten nach sich.*

*Natürlich vorkommende Abbau- und Rückhalteprozesse (Natural Attenuation, NA) in Boden und Grundwasser können die Ausbreitung von Schadstoffen im Untergrund verlangsamen oder zum Stillstand bringen. Eine gezielte Nutzung dieser Prozesse könnte unter der Voraussetzung eines detaillierten Nachweises der Prozesse an geeigneten Standorten als Handlungsoption zur herkömmlichen Altlastensanierung bzw. zur Verkürzung der Laufzeiten diskutiert und eingesetzt werden. Die Diskussion über die Berücksichtigung von NA bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden wird seit mehreren Jahren intensiv geführt und durch die Veröffentlichung von Regelwerken und Forschungsarbeiten, insbesondere das LABO-Positionspapier (LABO-PoP) und den Förderschwerpunkt KORA, vorangetrieben.*

*Abseits der Standorte, bei denen das Thema MNA aufgrund von Forschungsmitteln bearbeitet wurde, existiert aber keine systematische Analyse, Übersicht und Aufarbeitung der Situation zur Berücksichtigung von NA-Prozessen bei der Altlastenbearbeitung in Deutschland, insbesondere im Nachgang zum LABO-Positionspapier und dem Förderschwerpunkt KORA.“*

Um mit der Studie einen Überblick über die Vollzugspraxis in Deutschland zu erhalten, wurden Standorte, die im Rahmen des KORA-Verbundvorhabens eine Förderung erhielten, nicht betrachtet. Damit soll dem Umstand Rechnung getragen wer-



den, dass durch die Förderung Untersuchungen mit grundlegendem wissenschaftlichem Charakter ermöglicht werden, die in der Praxis des Vollzugs nicht erforderlich sind und den finanziellen Rahmen sprengen würden.

Die Zielsetzung des Vorhabens ist in /2/ wie folgt definiert:

***„Ziel des Projektes ist es die selektierten MNA Fälle im Detail auszuwerten, um so durch die Aufarbeitung des Ist-Zustandes die methodische Bandbreite bei der Umsetzung von MNA-Konzepten auf Seiten der zuständigen Behörden in Deutschland herauszuarbeiten.“***

### **3.2 Kriterien zur Auswahl der untersuchten Standorte**

Die Auswahl der untersuchten Standorte oblag nicht der BFM, sondern wurde durch den ALA-Gesprächskreis MNA vorgenommen und als Bearbeitungsgrundlage vorgegeben. Die in diesem Abschnitt folgende Beschreibung des Auswahlprozesses wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie stellvertretend für den Gesprächskreis MNA verfasst.

*Der Altlastenausschuss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat auf Vorschlag des ALA-Gesprächskreises „MNA“ (GK-MNA) 2009 eine bundesweite Umfrage zu MNA-Konzepten in Deutschland bei den zuständigen Bodenschutzbehörden der Länder durchgeführt. Insgesamt wurden 98 MNA-Konzepte von 60 Bodenschutzbehörden gemeldet. Die Umfrage beinhaltet wesentliche vorhabenbezogene Grunddaten zum Standort, zu relevanten Schadstoffen, Emissions- und Immissionsbetrachtungen, Untersuchungsmethoden, Verhältnismäßigkeitsbetrachtungen, den Überlegungen bzw. der Durchführung von MNA oder anderer Maßnahmen, etc. Die Standortvorhaben waren zum Zeitpunkt der Umfrage entweder in Planung, in Durchführung oder bereits abgeschlossen.*

*Um eine Auswahl aus den gemeldeten MNA-Konzepten treffen zu können, wurden allen Vorhaben folgende Kriterien zugeordnet:*

**Klassifizierung der gemeldeten MNA-Konzepte durch den GK-MNA aufgrund der Angabe in der Umfrage und ggf. vorhandenem Hintergrundwissen:**

- I. **Alle Kriterien** gemäß LABO-Positionspapier bzw. entsprechender Regelungen in den jeweiligen Ländern wurden/mussten/müssen für die Entscheidung geprüft werden: (Quellensanierung, Stationarität, Frachtreduktion, Schutzgüter, Prozessverständnis, Verhältnismäßigkeit)
- II. **Kriterien** gemäß LABO-Positionspapier bzw. entsprechender Regelungen in den jeweiligen Ländern wurden/mussten bewusst für die Entscheidung nur teilweise geprüft werden: (Quellensanierung, Stationarität, Frachtreduktion, Schutzgüter, Prozessverständnis, Verhältnismäßigkeit)
- III. LABO-Positionspapier bzw. entsprechender Regelungen in den jeweiligen Ländern wurden/mussten für die Entscheidung nicht geprüft werden, weil z.B. älter als Positionspapier
  - Standorte mit gefühlter Erfüllung der MNA-Kriterien
  - Die natürliche Schadstoffminderung spielte eine Rolle bei der Entscheidung, die Kriterien wurden nicht geprüft beispielsweise weil es noch keine Regelwerke gab
- IV. Eher „reines“ GW-Monitoring, die natürliche Schadstoffminderung spielte bei der Entscheidung keine maßgebende Rolle
  - Überwachung an Standorten mit GW-Schäden ohne beabsichtigte Sanierung und ohne Prüfung der MNA-Kriterien
  - Überwachungsmaßnahme im Anschluss an eine Sanierung zur Bestätigung der nachhaltigen Wirksamkeit der Sanierung

Von den 98 gemeldeten MNA-Konzepten wurden durch den GK-MNA mit Unterstützung externer Fachleute 24 MNA-Konzepte für das Projekt nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- **Datenfreigabe möglich? (ja/nein/zu klären):** Die erforderliche Freigabe muss gegeben sein, da ohne diese keine Auswertung der MNA-Konzepte stattfinden kann. Bei 41 MNA-Konzepten liegt eine Freigabe vor. Um die Anzahl der MNA-Konzepte für den weiteren Auswahlprozess nicht zu sehr zu reduzieren, wurden auch die Fälle weiterhin berücksichtigt, die noch einer Klärung der Freigabesituation bedürfen. Lediglich 4 Fälle wurden gestrichen.

- **Bearbeitungsstand (geplant/laufend/abgeschlossen/abgebrochen):** Weiterhin sind nur die MNA-Konzepte für eine Auswertung im Rahmen des Projektes als relevant eingestuft worden, deren Bearbeitungsstand als „laufend“ oder bereits „abgeschlossen“ erklärt wurde. Ob bei den als „abgeschlossen“ eingestuften Vorhaben das Konzept oder MNA als Maßnahme gemeint ist, muss ggf. teilweise im Laufe des Projektes geklärt werden.

Durch die Auswahlkriterien „Datenfreigabe“ und „Bearbeitungsstand“ wurde die Anzahl der gemeldeten MNA-Konzepte auf 43 reduziert. Durch Sichtung eines jeden Einzelvorhabens wurde die Anzahl weiter verringert. Gemeldete MNA-Konzepte wurden bspw. herausgenommen, weil es sich um einen Standort handelte, der im Rahmen des Förderschwerpunktes KORA des BMBF bearbeitet wurde, eine In-situ-Sanierung anstatt MNA durchgeführt wird, die Schadstoffe nicht klar benannt oder die Datenlage insgesamt bereits als unzureichend für eine weitere Auswertung eingestuft wurde.

- **Relevante Schadstoffe:** Folgende Hauptschadstoffgruppen wurden für die weitere Auswahl der MNA-Konzepte definiert:
  - 1) PAK/Heterozyklen
  - 2) MKW/BTEX
  - 3) LCKW
  - 4) Ammonium

MNA-Konzepte der o.g. Schadstoffgruppen sollten gleichmäßig bei dem Projekt vertreten sein. Sind Schadstoffe aus mehreren Gruppen in einem Konzept vertreten, sollen alle Schadstoffe berücksichtigt werden. MNA-Konzepte bei anderen Schadstoffen wie z.B. Anilin oder Zyanid wurden von der Auswertung im Rahmen des Projektes ausgeschlossen.

- **Verursacher (Privat/Kommune):** Das Verhältnis sollte möglichst ausgewogen sowohl auf privater als auch öffentlicher Seite sein. Von den 24 ausgewählten MNA-Konzepten werden 14 von privaten Pflichtigen angestrebt.
- **Klassifizierung:** Die Klassifizierungskriterien I–III sollen annähernd gleichgewichtig vertreten sein.
- **Quellensanierung (ja/nein/geplant/k.A.):** Da eine fachliche Auswertung angestrebt wird, soll insbesondere herausgestellt werden, was und wie es gemacht wurde. Bei der klassischen Nachweisuntersuchung spielt die Quellensanierung eine untergeordnete Rolle. Trotzdem sollten im Rahmen der Auswertung die Resultate der Quellensanierung mit aufgenommen werden.

- *Da die Gesamtauswahl der MNA-Konzepte für die BRD annähernd repräsentativ sein soll, waren möglichst aus allen Bundesländern MNA-Konzepte mit in die Auswertung einzubeziehen. Die themenspezifische Auswahl der MNA-Konzepte sollte jedoch Vorrang haben.*

### **Ergebnisse**

*Im Ergebnis dieses Auswahlprozesses und unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Ressourcen wurden aus den 43 MNA-Konzepten, die die Auswahlkriterien „Datenfreigabe“ und „Bearbeitungsstand“ erfüllten, 24 MNA-Konzepte nach den o.g. fachlichen Kriterien ausgewählt (Erstwahl) und 6 weitere zusätzlich als „Nachrücker“ gelistet. Zwei Vorhaben der Gesamtauswahl wurden zwar als MNA-Fälle gemeldet erfüllten aber im Hinblick auf ihren Fahnencharakter nicht die Voraussetzungen gem. Positionspapier. Gleichwohl sollte aber auch für diese Fälle eine Auswertung vorgenommen werden um die Frage der Gleichwertigkeit zu prüfen.*

Von den 24 Vorhaben aus der Kategorie „Erstwahl“ konnten 23 untersucht werden. Ein Vorhaben aus dieser Kategorie musste durch ein Vorhaben der Kategorie „Nachrücker“ ersetzt werden.

## **4 Durchführung der Untersuchung**

### **4.1 Formaler und zeitlicher Rahmen**

Die Untersuchung wurde vereinbarungsgemäß durch Herrn Dipl.-Ing. Jörg Weindl durchgeführt.

Der zeitliche Rahmen des Vorhabens lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufstellung und Abstimmung Bearbeitungskonzept: September 2012 bis Januar 2013.
- Untersuchung der ersten 12 Standorte: Februar bis Juli 2013
- Zwischenbericht: August 2013
- Bearbeitung der restlichen Standorte: Oktober 2013 bis März 2014
- Vorlage Schlussbericht: Mai 2014
- Vorstellung des Berichts und Diskussion der Ergebnisse mit dem Auftraggeber und den Gremien des ALA : Mai 2014 bis Oktober 2014
- Abgabe der Enddokumentation mit Bericht: November 2014

Während der gesamten Bearbeitungszeit fand eine enge fachliche Abstimmung mit dem Auftraggeber, dem ALA-Gesprächskreis MNA sowie den dort vertretenen externen Experten statt.

### **4.2 Methodische Herangehensweise und Dokumentation**

Die Untersuchung erfolgte zweistufig durch eine Aktenauswertung mit anschließendem Fachgespräch vor Ort. Primäre Zielgruppe des Fachgesprächs stellten die zuständigen Vertreter der Ordnungs- oder Fachbehörde dar. An einzelnen Fachgesprächen nahmen auch der Pflichtige, der Gutachter des Pflichtigen und / oder Vertreter des jeweiligen Landesumweltamtes teil.

Die Basis für die Fachgespräche stellte der sogenannte „Gesprächsleitfaden“ dar. In diesem sind die relevanten Themenstellungen zusammengefasst. Der Gesprächsleitfaden ist tabellarisch aufgebaut und dient neben der Dokumentation der einzelnen Vorhaben auch der projektübergreifenden statistischen Auswertung. Die Inhalte des Gesprächsleitfadens wurden vor Aufnahme der Untersuchung mit dem Auftraggeber

sowie dem ALA-Gesprächskreis MNA abgestimmt. Diese abgestimmte Ausgangsversion wurde während der Projektbearbeitung an die gewonnenen Erkenntnisse angepasst und somit laufend fortgeschrieben.

Als zweites Element der Dokumentation wurde zu jedem Vorhaben eine textliche Kurzbeschreibung („Projektsteckbrief“) angefertigt.

### **4.3 Beschreibung des Untersuchungsablaufs**

Alle Projekte wurden vor Ort in den Räumen der zuständigen Behörde oder des Pflichtigen bearbeitet. Von telefonischen Fachgesprächen oder der Übersendung von Fragebögen an die Behördenvertreter wurde auftragsgemäß grundsätzlich abgesehen.

Im ersten Schritt der Untersuchung wurden vor Ort bei der bearbeitenden Behörde die Unterlagen zum Projekt eingesehen. Hierdurch wurde sowohl ein Überblick über die Projekthistorie und die Entscheidungsfindungen als auch über die fachlichen Aspekte der Vorhaben erhalten. Auf Basis der Akteneinsicht wurde der Gesprächsleitfaden projektspezifisch modifiziert und damit das Fachgespräch vorbereitet.

Auf Basis dieser Unterlagen wurde im Anschluss an die Aktenauswertung das Fachgespräch mit dem zuständigen Behördenvertreter, teils unter Hinzuziehung früherer Mitarbeiter, des Landesumweltamtes, des Pflichtigen und / oder des Gutachters geführt. Im Regelfall erfolgte nach Zustimmung des / der Gesprächspartner(s) eine Audioaufnahme des Gesprächs.

Bei einem Vorhaben musste das Fachgespräch wegen des krankheitsbedingten Ausfalls der zuständigen Sachbearbeiterin ausfallen. Ersatzweise erfolgte in diesem Fall nach der Aktenauswertung ein Informationsaustausch per E-Mail und Telefon.

Auf Basis der Ergebnisse der Aktenauswertung sowie des Fachgesprächs wurde die Dokumentation zu den einzelnen Vorhaben erarbeitet. Soweit erforderlich wurden hierbei Rückfragen an die Gesprächspartner (E-Mail oder fernmündlich) gerichtet beziehungsweise die Tonaufnahme des Gesprächs herangezogen.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde die Projektdokumentation dem jeweiligen Gesprächspartner zur Durchsicht übersandt. Anmerkungen, Ergänzungen beziehungsweise Änderungswünsche der Gesprächspartner wurden soweit nachvollziehbar eingearbeitet.

Nach Abschluss der Qualitätssicherung wurden aus Datenschutzgründen die jeweilige Tonaufnahme zum Fachgespräch gelöscht und die Gesprächspartner über die Löschung in Kenntnis gesetzt.

#### **4.4 Einordnung der Interviewpartner**

Die Funktionszuordnung der Gesprächspartner in den einzelnen Fachgesprächen ist in Abschnitt 5.2 in der Übersicht der untersuchten Standorte eingearbeitet.

Die Fachgespräche wurden in der überwiegenden Zahl der Fälle mit den Kreisverwaltungs- bzw. Sonderordnungsbehörden geführt. Festzuhalten ist dabei, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle die Kreisverwaltungs- bzw. Sonderordnungsbehörden zugleich fachbehördliche Aufgaben wahrnehmen.

Abweichend davon sind in einem Bayern die Wasserwirtschaftsämter als gesonderte Fachbehörden etabliert. In den zwei Vorhaben dieses Bundeslands wurden die Interviews daher rein mit den zuständigen Fachbehörden geführt.

Insgesamt sechs Fachgespräche wurden unter Beteiligung des jeweils zuständigen Landesumweltamtes geführt.

Zwei Fachgespräche wurden mit der Kreisverwaltungsbehörde und dem Pflichtigen bzw. dessen Gutachter geführt.

Zwei Fachgespräche wurden jeweils mit dem Maßnahmenträger (Land) und dessen Projektsteuerer geführt.



## 4.5 Schwierigkeiten bei der Durchführung der Untersuchung

Insgesamt konnte das Vorhaben ohne größere Probleme planmäßig umgesetzt werden.

Ein Projektstandort der Kategorie „Erstwahl“ konnte wegen nicht gegebener Freigabe des privaten Pflichtigen nicht untersucht werden. Ein Ersatz durch einen Standort aus der Kategorie „Nachrücker“ war möglich. Hierdurch ergab sich allerdings, dass im Bundesland Sachsen entgegen der ursprünglichen Planung kein Vorhabenstandort untersucht wurde.

In einem weiteren Vorhaben war zwar die Akteneinsicht und –auswertung vor Ort möglich, allerdings konnte das Fachgespräch wegen Erkrankung der zuständigen Sachbearbeiterin nicht umgesetzt werden. Zwar konnten die Inhalte des Gesprächsleitfadens und der Dokumentation telefonisch und per E-Mail abgestimmt werden. Der Gesamteindruck des Informationsgewinns an diesem Standort hat die Richtigkeit des methodischen Ansatzes des Fachgesprächs ohne festen Fragebogen jedoch bestätigt, da die direkten Gespräche ein deutlich besseres Projektverständnis vermittelten.

Insbesondere in den Gesprächen, die mit der Behörde unter Beteiligung der Pflichtigen und / oder deren Gutachter stattfanden, war die Praxis des behördlichen Vollzugs schwieriger zu erkennen. Hier ergaben sich im Fachgespräch und bei der Qualitätssicherung der Dokumentation teilweise divergierende Einschätzungen der Beteiligten, die letztlich offene Punkte in der Diskussion fachlicher Themen widerspiegeln.

## **5 Zusammenfassung der Fallkonstellationen untersuchter Projekte**

### **5.1 Allgemeine Standortdaten der untersuchten Vorhaben**

#### **5.1.1 Verteilung der untersuchten Standorte auf Bundesländer**

Die 24 untersuchten Vorhaben verteilten sich auf neun Bundesländer. Daher wurden teilweise in einzelnen Bundesländern mehrere (bis zu fünf) Einzelprojekte ausgewertet.

Die ungleiche Verteilung der Vorhaben auf die Bundesländer geht zum Einen auf die eingereichten Vorhabensnennungen im Rahmen der bundesweiten Umfrage zurück. Zum Anderen ist hier die unterschiedliche Freigabe für Einzelvorhaben zu nennen.

Auch wenn möglicherweise Unterschiede in der Häufigkeit der Anwendung von MNA als Strategie der Altlastenbearbeitung in den einzelnen Bundesländern bestehen, war diese Fragestellung nicht Gegenstand des in diesem Bericht dargestellten Vorhabens.

#### **5.1.2 Typisierung der Standorte**

##### **5.1.2.1 Rechtliche Einordnung**

Eine rechtliche Einordnung (siehe auch Abbildung 5-1) der untersuchten Vorhaben lässt sich wie folgt vornehmen:

- 20 Altlasten nach BBodSchG
  - 15 Altstandorte (davon 3 militärische Altstandorte) und
  - 5 Altablagerungen
- 3 schädliche Bodenveränderungen (SBV) nach BBodSchG
- 1 Altstandort unter Bergrecht (dieser ist in Abbildung 5-1 bei den Altstandorten mit aufgeführt, obgleich er nicht bodenschutzrechtlich bearbeitet wird)

Im Rahmen der fachlichen Bearbeitung der einzelnen Vorhaben ergaben sich aus den unterschiedlichen rechtlichen Einordnungen der Standorte keine systematischen Unterschiede.

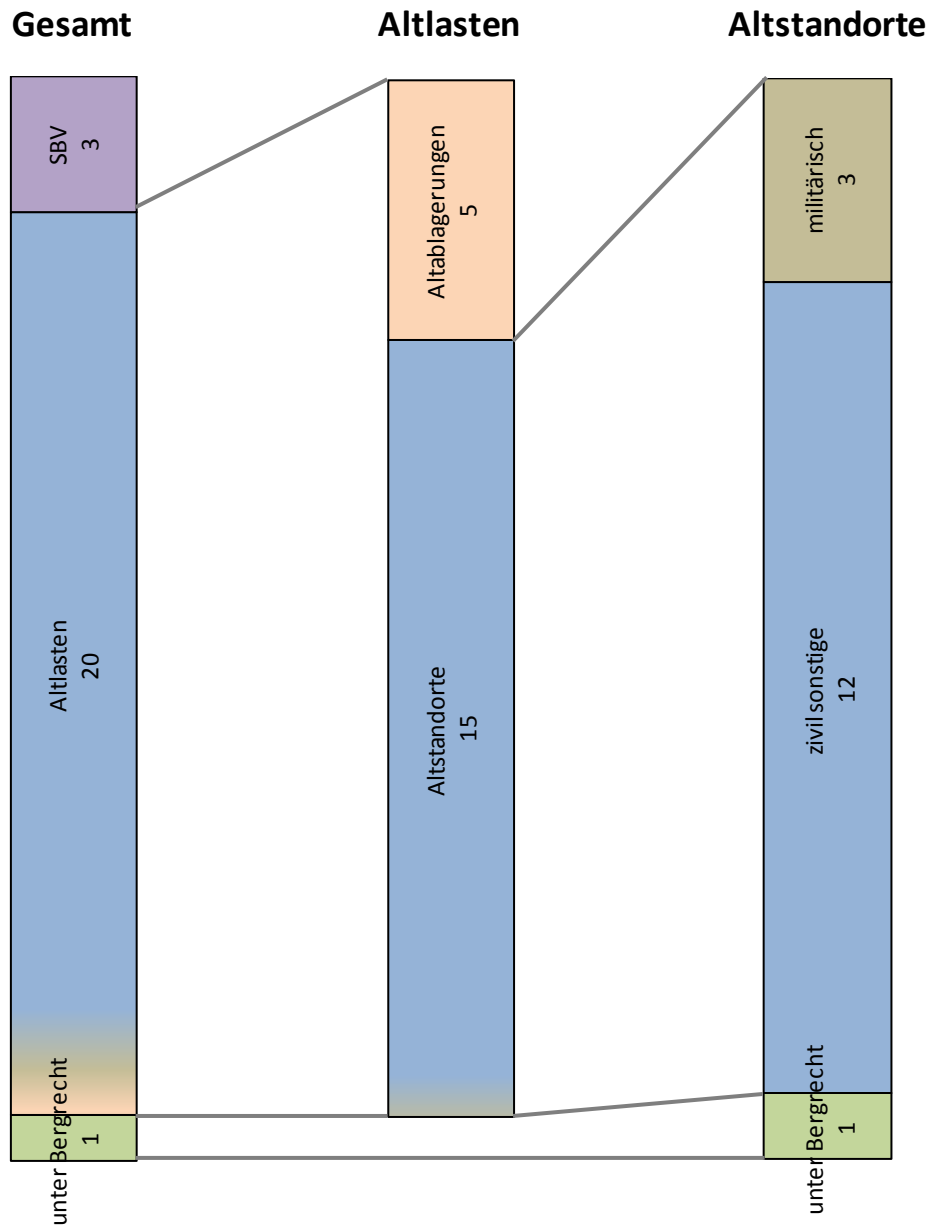


Abbildung 5-1: Typisierung der Standorte, rechtliche Einstufung

### 5.1.2.2 Branchen der Altstandorte und SBV

Abbildung 5-2 gibt eine Branchenübersicht der untersuchten Altstandorte und schädlichen Bodenveränderungen. Im Falle des dem Bergrecht unterliegenden Altstandorts wurden die schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserverunreinigungen durch den Betrieb einer Kokerei an einem Zechenstandort verursacht. Dieser Stand-

ort ist in der Auswertung in Abbildung 5-2 den Altstandorten zugeschlagen, obgleich er nicht bodenschutzrechtlich bearbeitet wird.

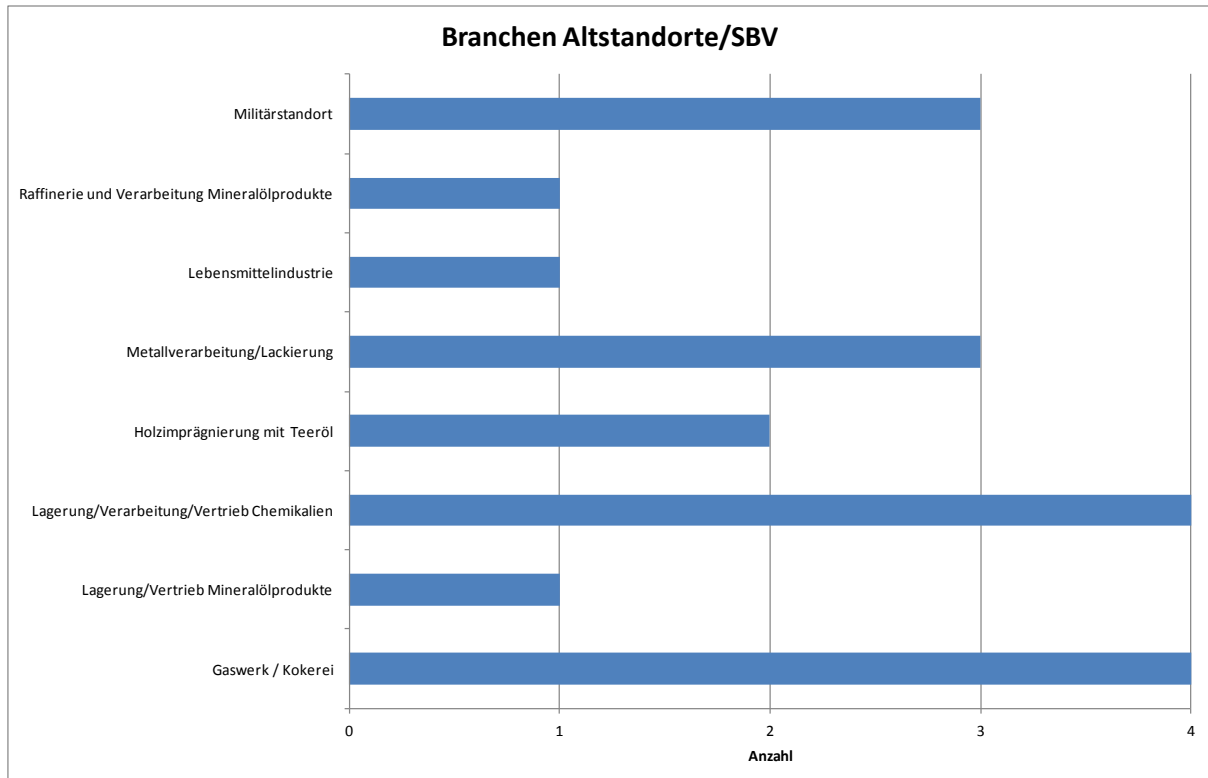


Abbildung 5-2: Branchenzuordnung der Standorte

### 5.1.2.3 Art der Altablagerungen

Die fünf untersuchten Altablagerungen lassen sich, wie häufig bei Altablagerungen, nicht eindeutig typisieren, da teilweise Reststoffe unterschiedlicher Quellen und Kategorien (Hausmüll, Gewerbe, Industrie, Bauschutt) unsystematisch und gemischt eingebaut wurden. Hinsichtlich der im Rahmen von MNA untersuchten und beobachteten Schadenssituation lassen sich folgende Konstellationen unterscheiden:

- Vier Altablagerungen: Die Schadenssituation ist überwiegend auf Reststoffe aus Industrie und Gewerbe zurückzuführen.
- Die Grundwasserbelastung bei einer weiteren Altablagerung (Vorhaben P03) ist überwiegend auf die Einlagerung von Hausmüll zurückzuführen.

Eine Orientierung hinsichtlich der Größe der Altablagerungen gibt Abbildung 5-3. Dargestellt sind jeweils die Fläche, das Volumen und die maximale Mächtigkeit des Ablagerungskörpers.

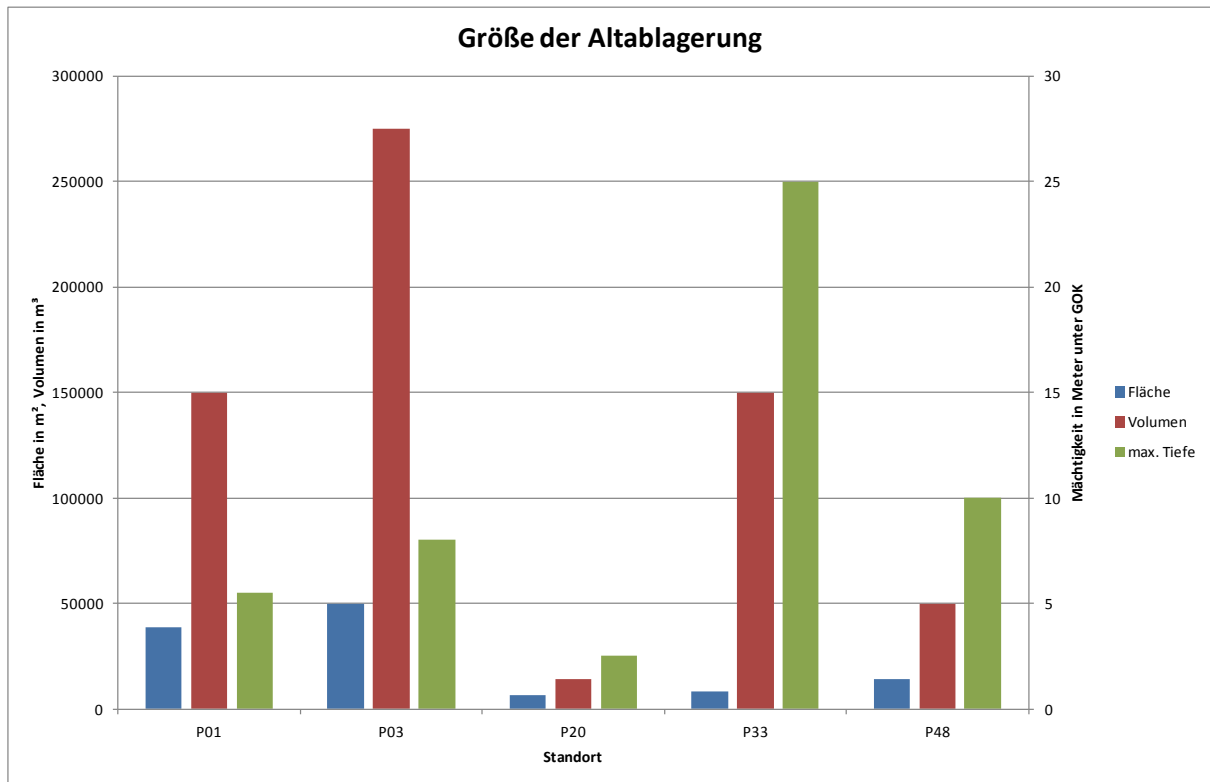


Abbildung 5-3: Größe der Altablagerungen

### 5.1.3 Relevante Schadstoffe an den Standorten

Eine Übersicht über die für das MNA-Konzept maßgeblichen Schadstoffe an den untersuchten Standorten ist aus Abbildung 5-4 ersichtlich. Da an einzelnen Standorten oft mehrere Schadstoffe relevant sind, wurden die Angaben als Matrix dargestellt, in der jeweils die zutreffenden Felder rot schraffiert sind.

		Schadstoffe									
		PAK	BTEX	Heterozyklen	MKW	LCKW	PCB	Ammonium	Metalle	sonstige	
<b>Standorte</b>	P01										
	P02										
	P03										
	P07										
	P13										
	P17										
	P20										
	P25										
	P33										
	P35										
	P36										
	P37										
	P42										
	P48										
	P49										
	P53										
	P56										
	P58										
	P66										
	P67										
P72											
P76											
P83											
P93											

Abbildung 5-4: Für MNA relevante Schadstoffe an den Standorten

Die sonstigen Schadstoffe spezifizieren sich wie folgt:

- P02: Cyanide
- P17: Cyanide
- P53: PKX (Kresole, Phenole, Dimethylphenol)
- P56: Aluminium (derzeit nicht Gegenstand von MNA)

Als Sonderfall ist die von der Altablagerung P03 ausgehende und durch Hausmüll verursachte Grundwasserbelastung durch Ammonium einzustufen. Da die Bewertung von Ammoniumbelastungen in der BBodSchV nicht abschließend geregelt ist und seitens der LAWA kein Geringfügigkeitsschwellenwert für Ammonium abgeleitet wur-

de, beruhte die grundsätzliche Feststellung eines Handlungsbedarfs in diesem Fall auf landesrechtlichen Regelungen.

An insgesamt drei Standorten liegt eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch Metalle (Aluminium, Kupfer bzw. Chromat) vor. Diese Belastungen sind jedoch in zwei Fällen von untergeordneter Bedeutung. Im dritten Fall ist die Belastung des Grundwassers durch Aluminium erst kürzlich detektiert worden und wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. In keinem der drei Fälle waren die Metallbelastungen des Grundwassers Gegenstand von MNA.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass an den untersuchten Standorten mit Ausnahme eines Vorhabens, das die Untersuchung der natürlichen Minderung von Ammonium zum Gegenstand hatte, ausschließlich organische Schadstoffe Gegenstand von MNA waren.

#### **5.1.4 Charakterisierung der Geologie und Hydrogeologie**

##### **5.1.4.1 Allgemeine Charakterisierung der Grundwasserleiter**

Zur Geologie und Hydrogeologie der untersuchten Standorte ist festzuhalten, dass grundsätzlich Porengrundwasserleiter Gegenstand der MNA-Konzepte waren. In einem Fall war auch der obere Bereich des unterlagernden Kluftgrundwasserleiters betroffen, der jedoch aufgrund engständiger Klüftung durch tektonische Einflüsse makroskopisch ein hydraulisches Verhalten entsprechend einem Porengrundwasserleiter aufweist. Dieser aufgearbeitete Bereich des Verwitterungshorizonts umfasst nur einen geringmächtigen oberen Teil des Festgesteins und weist zur Tiefe hin keine hydraulischen Wegsamkeiten auf.

Ogleich an einzelnen Standorten mehrere Grundwasserstockwerke betroffen sind, werden die Schadstoffbelastungen überwiegend zur Tiefe hin als plausibel abgegrenzt bewertet. Unterlagernde Kluftgrundwasserleiter, so vorhanden, waren im Regelfall durch ausreichend dichte Verwitterungshorizonte vor einem Eindringen von Schadstoffen geschützt.

Abweichend hiervon war an einem Standort eine deutliche Schadstoffbelastung des unterlagernden Kluftgrundwasserleiters, der nicht Gegenstand von MNA war, fest-



stellbar, da im Bereich einer Erosionsrinne ein direkter Kontakt mit dem oberflächennahen Porengrundwasserleiter gegeben war.

### 5.1.4.2 Grundwassersituation und Aquiferkennwerte

Die Grundwasser-Flurabstände liegen zumeist im Bereich bis etwa fünf Meter unter GOK (Abbildung 5-5). Bei fünf Vorhaben werden Tiefen bis etwa zehn Meter erreicht, bei zwei Vorhaben ist das Grundwasser erheblich tiefer anzutreffen.

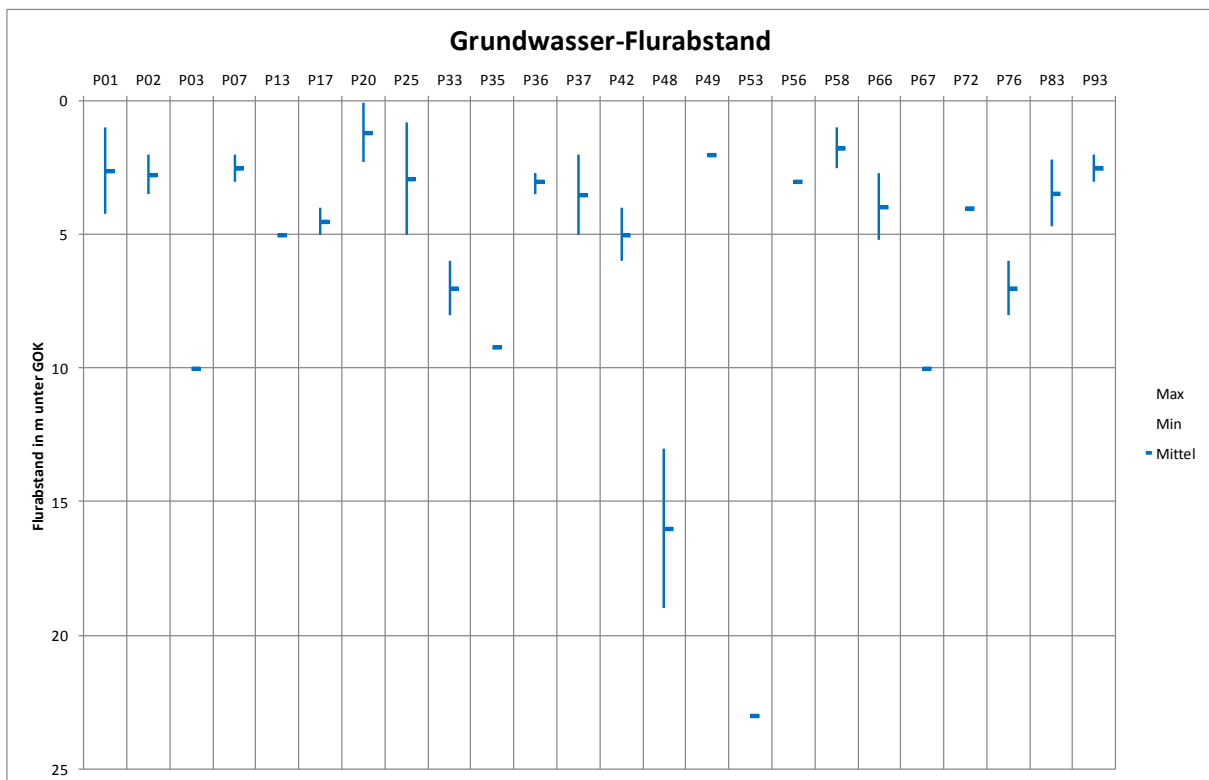


Abbildung 5-5: Grundwasser-Flurabstand

Die Grundwassermächtigkeit (Abbildung 5-6) schwankt zwischen den einzelnen Vorhaben stark, liegt jedoch meist bei bis zu 20 Meter. Bei drei Standorten wurden deutlich größere mittlere Mächtigkeiten bis über 100 Meter beobachtet, wobei zwei Vorhaben extreme Schwankungen der Gw-Mächtigkeit aufweisen.

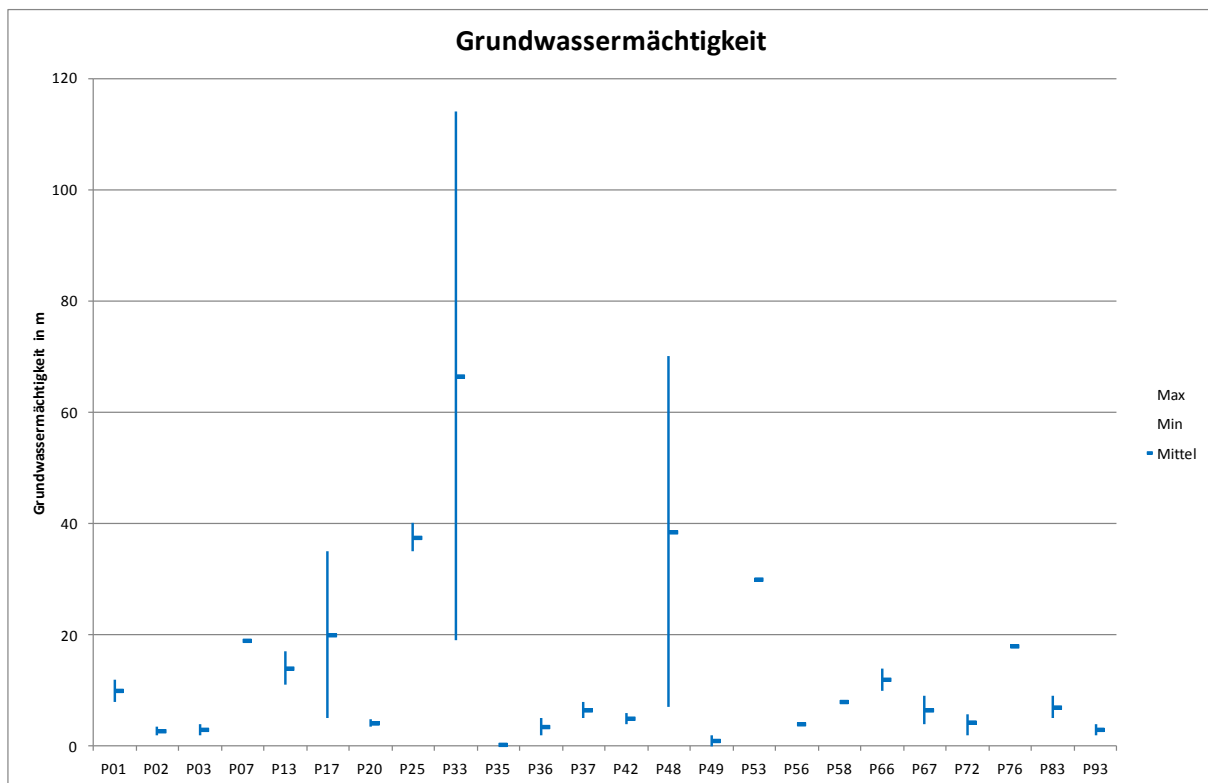


Abbildung 5-6: Grundwassermächtigkeit

Bei den meisten Vorhaben, bei denen ein durchgehender Stauer nach aktuellem Kenntnisstand existiert, liegt dieser in maximal etwa zwanzig Meter Tiefe (Abbildung 5-7). Bei zwei Vorhaben liegt der durchgehende Hemmer deutlich tiefer, wobei bei einem dieser Vorhaben die Schwankungsbreite über das Projektgebiet extrem groß ist. Insgesamt war die diesbezügliche Auswertung schwierig und mit Unsicherheiten behaftet. Teilweise lagen bei der Aktensichtung nur unzureichende Angaben vor. Unsicherheiten ergaben sich in diversen Vorhaben auch hinsichtlich der durchgängigen Ausprägung des Stauers (siehe auch Abschnitt 6.3.1). Insofern können die Angaben in Abbildung 5-7 nur zur groben Einordnung der Vorhaben dienen. Ein Wert von „0 m“ in der Abbildung 5-7 bedeutet, dass kein durchgängig ausgebildeter Stauer vorhanden ist bzw. dass keine Angaben zum Vorliegen eines Stauers verfügbar sind.

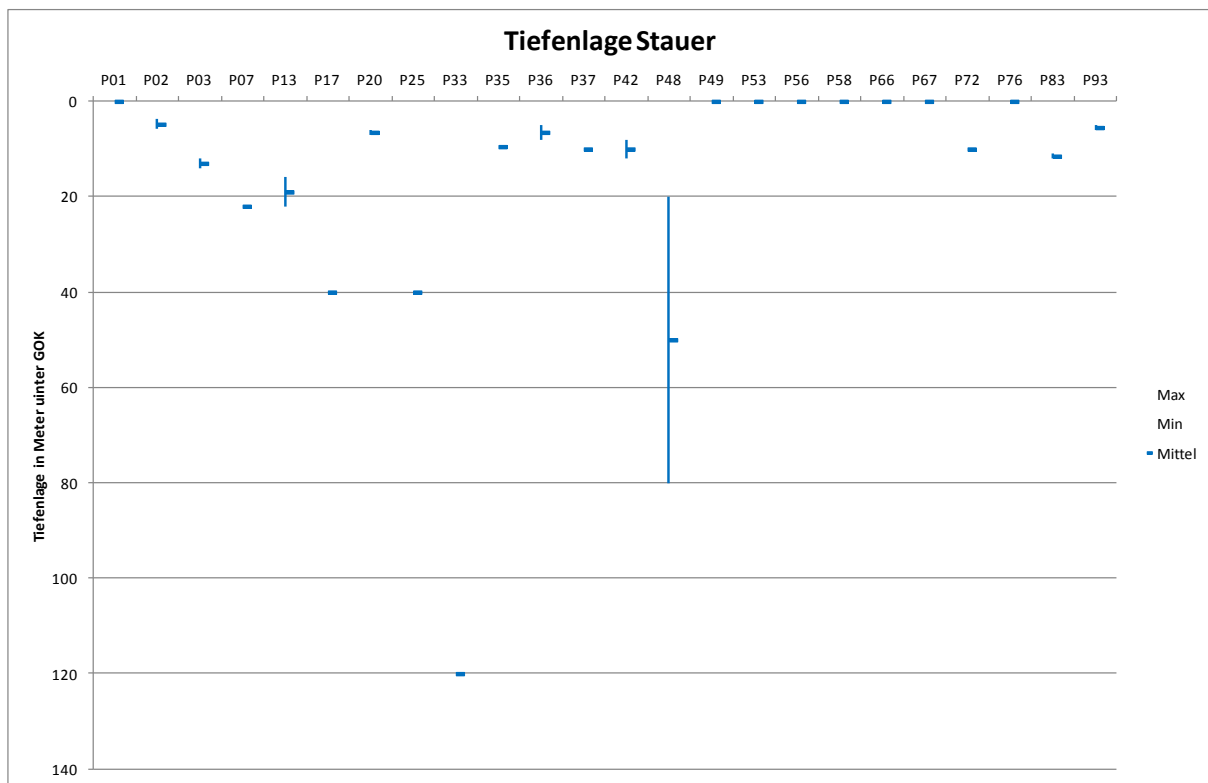


Abbildung 5-7: Tiefenlage Stauer („0“: keine Angaben, Stauer nicht durchgängig oder nicht vorhanden)

Die hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte, Abbildung 5-8) liegen meist im Bereich  $1 \cdot 10^{-2}$  m/s bis  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Fünf Vorhaben weisen geringere  $k_f$ -Werte aus. Zum Teil sind an ein und demselben Standort beträchtliche Bandbreiten der  $k_f$ -Werte für unterschiedliche Schichten erkennbar.

Die Abstandsgeschwindigkeiten (Abbildung 5-9) betragen meist weniger als 400 Meter pro Jahr. Bei sieben Standorten wurden zum Teil deutlich höhere Abstandsgeschwindigkeiten bestimmt. Das Maximum liegt bei etwa 1.500 Meter pro Jahr.

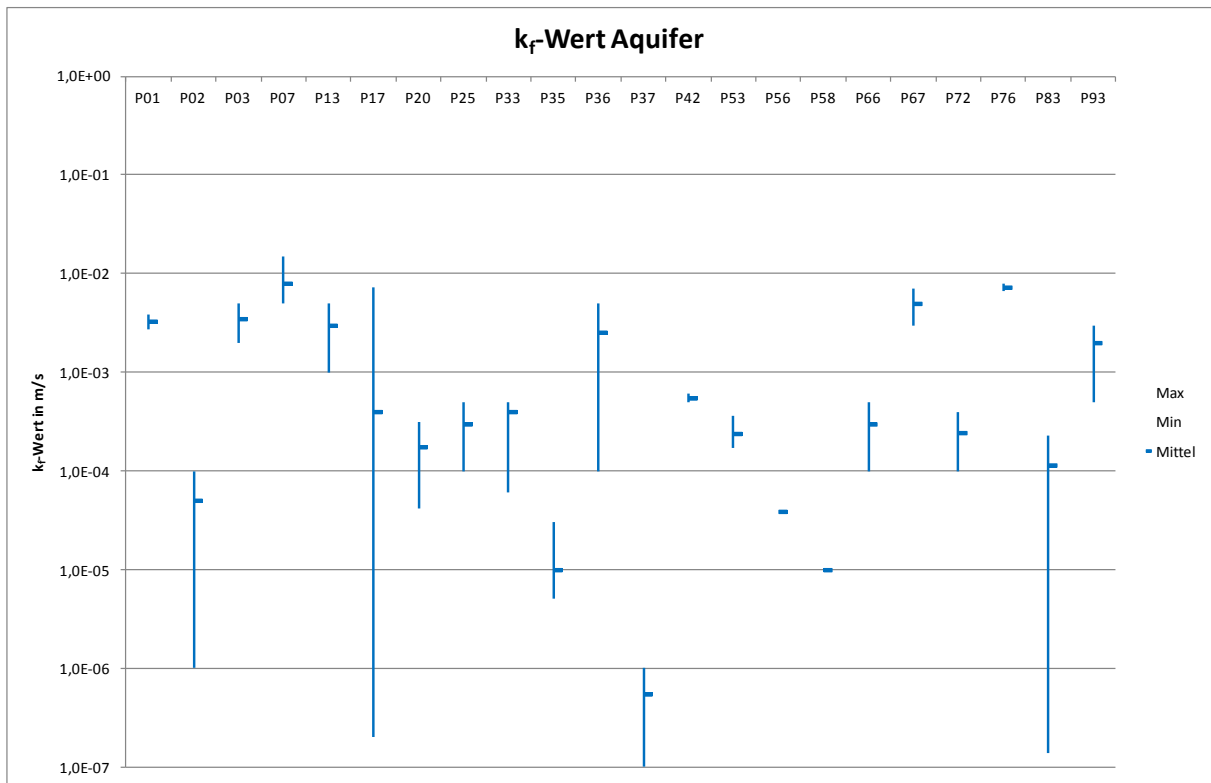


Abbildung 5-8: k<sub>f</sub>-Wert Aquifer

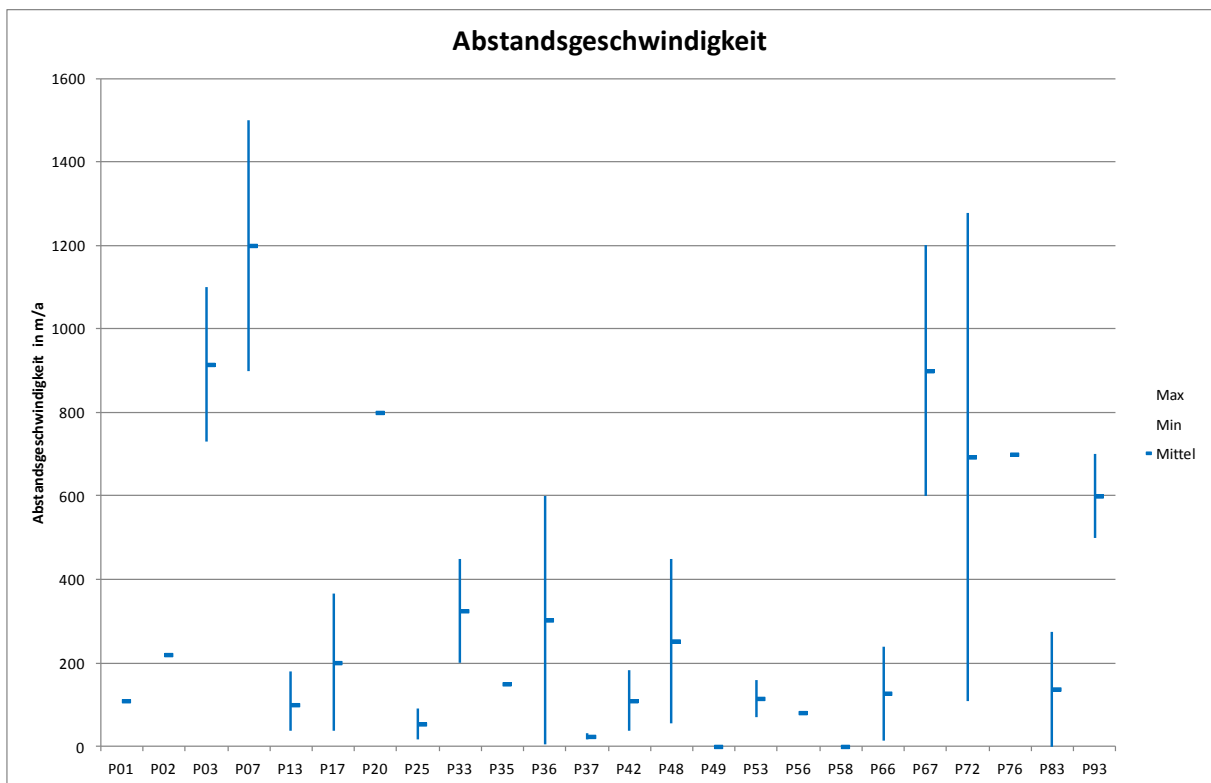


Abbildung 5-9: Abstandsgeschwindigkeit

Bei den Grundwasser-Fließrichtungen (Abbildung 5-10) wurde meist eine geringe Varianz festgestellt. Nur bei vier Standorten wurde von einer großen Variabilität gesprochen, bei drei Standorten konnten keine Angaben hierzu gemacht werden. In der Regel liegen keine systematischen numerischen Auswertungen vor. Die Zuordnung erfolgte daher überwiegend qualitativ, anhand der Sichtung unterschiedlicher Stichtagsmessungen.

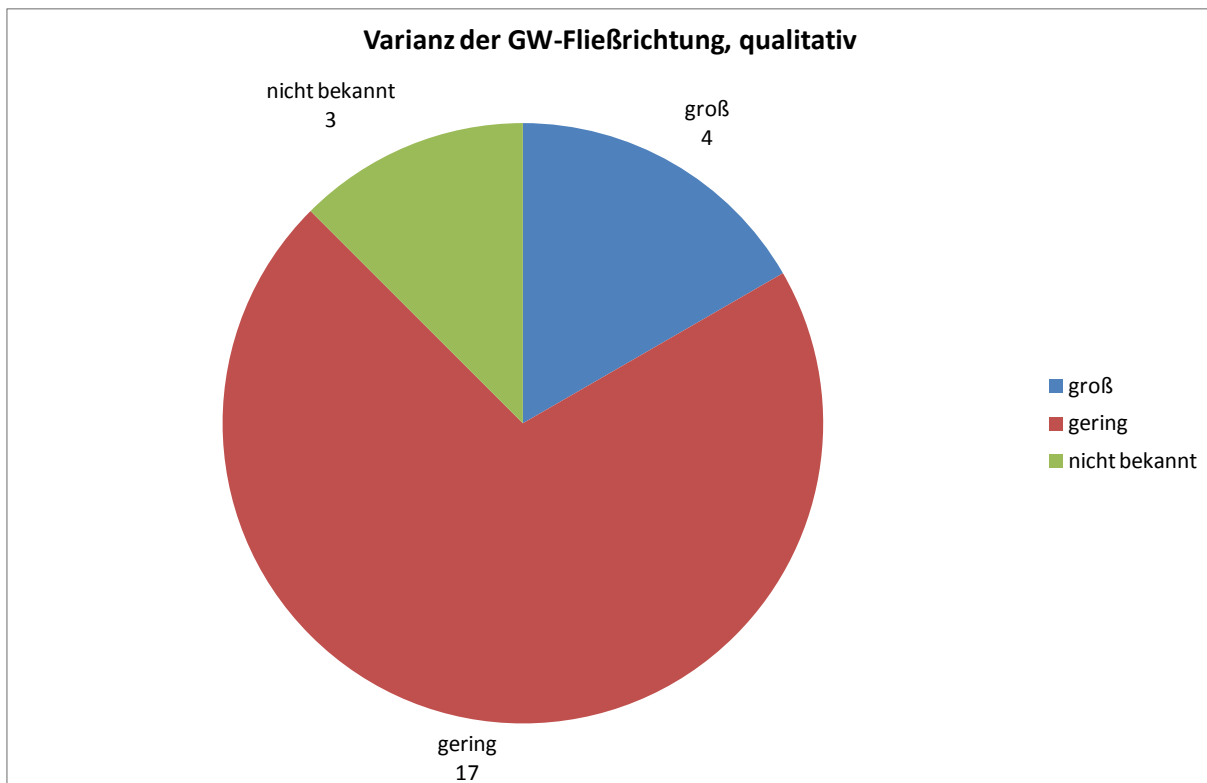


Abbildung 5-10: Varianz der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit (qualitativ)

### 5.1.5 Verursacher der Schadensfälle

Aus Abbildung 5-11 sind die Anteile der einzelnen Verursachergruppen (Privat, öffentliche Hand sowie Militär) der Schäden an den untersuchten Standorten ersichtlich. Bei den durch Militär verursachten Schäden handelt es sich in einem Fall um ein Areal der ehemaligen Nationalen Volksarmee der DDR und in zwei Fällen um aufgelassene Standorte der Westgruppe der sowjetischen Streitkräfte.

An zwei Altstandorten wurden neben den unmittelbaren Schadstofffreisetzungen aus der Betriebstätigkeit auch Kriegseinwirkungen als Schaden verursachend eingestuft.

Grundsätzlich wurden in diesen Fällen seitens der zuständigen Behörden die Möglichkeiten der Inanspruchnahme der jeweiligen Pflichtigen als erschwert eingestuft.

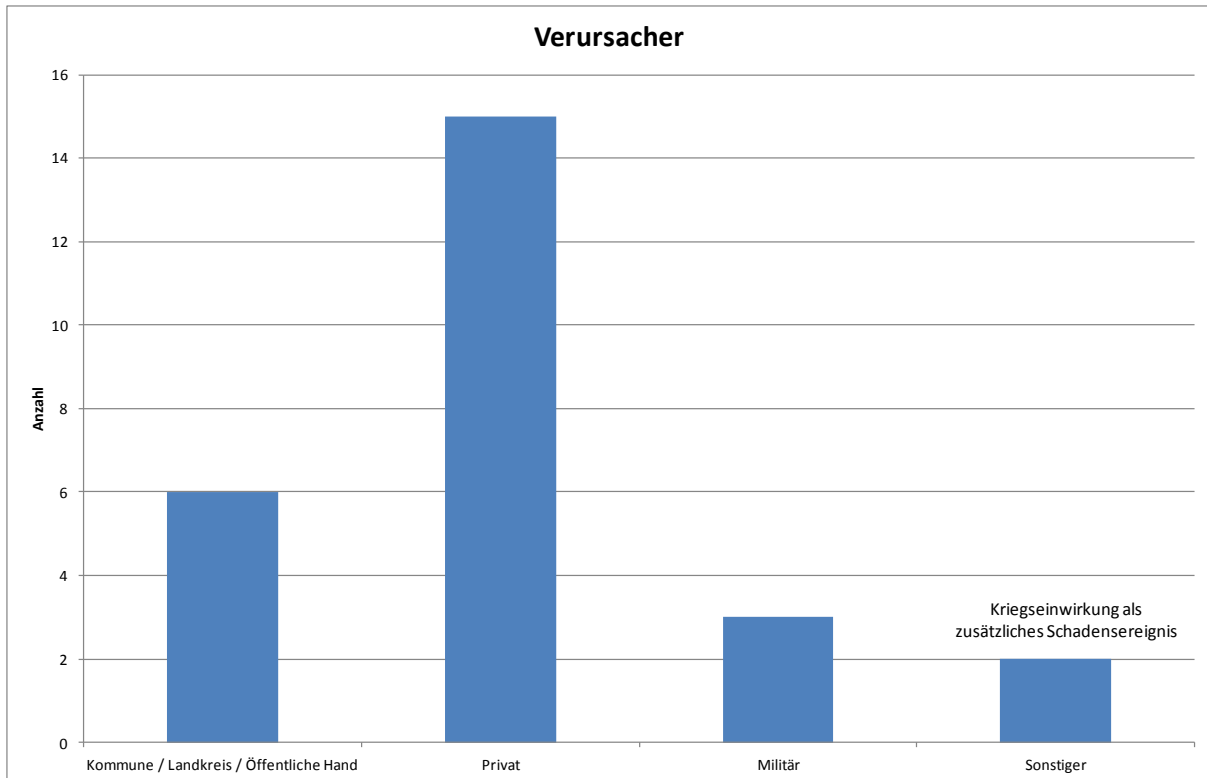


Abbildung 5-11: Verursacher der Schadensfälle

## 5.2 Übersicht untersuchter Vorhaben

Nachfolgend soll ein Kurzüberblick über die untersuchten Vorhaben gegeben werden.

<b>Projekt:</b>	P01
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altablagerung)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Kommune
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	PAK / BTEX
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde und Pflichtiger); Landesumweltamt

<b>Projekt</b>	P02
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Überwiegend Kommune (gesellschaftsrechtlich privatisiertes Versorgungsunternehmen im überwiegenden Eigentum der Kommune)
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	PAK / BTEX / Heterozyklen / MKW / (Ammonium / Cyanide, nachrangig für MNA)
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Teildekontamination durch Ausbau einer Teergrube und kontaminierter Leitungstrassen
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde); Landesumweltamt

<b>Projekt</b>	P03
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altablagerung)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Landkreis
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	Ammonium
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde); Landesumweltamt; Pflichtiger

<b>Projekt:</b>	P07
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Mehrere Pflichtige (Privatunternehmen, Kommune)
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	PAK
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Ausbau einer geschlossenen Teergrube, deren Inhaltsstoffe jedoch keinen direkten Kontakt zum Grund- und Sickerwasser hatten; keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde); Landesumweltamt



**Projekt:** P13  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Schädliche Bodenveränderung  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** LCKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde); Landesumweltamt

**Projekt:** P17  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Kommune (gesellschaftsrechtlich privatisiertes Versorgungsunternehmen im Eigentum der Kommune)  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter, Kluftgrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** PAK, BTEX, evtl. Heterozyklen  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Fachbehörde

**Projekt:** P20  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altablagerung)  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** LCKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Fachbehörde

**Projekt:** P25  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (militärischer Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Kommune

**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Ausbau von Erdtanks und –leitungen; Ausbau offensichtlich kontaminierter Bodenbereiche und Tankbettungsmaterialien  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Sonderordnungsbehörde)

**Projekt:** P33  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altablagerung)  
**Maßnahmenträger:** Kommune / Land  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX, LCKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P35  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter, Kluftgrundwasserleiter: im hangenden Bereich engständige Klüftung durch tektonische Einflüsse, hydraulisches Verhalten entsprechend Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX, MKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Restbelastungen nach nahezu vollständiger Dekontamination  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P36  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** LCKW

<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Teildekontamination durch Bodenluftabsaugung, Pump-and-Treat, Bodenaustausch; Biobarriere im medialen Schadstofffahnenbereich.
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Obere Bodenschutzbehörde (Regierungspräsidium, zugleich Fachbehörde)
<b>Projekt:</b>	P37
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Behördliche Ersatzvornahme
<b>Betroffene Aquifertypen:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	LCKW
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Restbelastungen nach nahezu vollständiger Dekontamination
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Obere Bodenschutzbehörde (Regierungspräsidium, zugleich Fachbehörde)
<b>Projekt:</b>	P42
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Schädliche Bodenveränderung
<b>Maßnahmenträger:</b>	Privater Pflichtiger
<b>Betroffene Aquifertypen:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	Hauptbelastung PAK; untergeordnet BTEX, Heterozyklen, MKW
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Teildekontamination durch Bergen von Teeröl; in Teilbereichen ENA durch Biosparging
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Obere Bodenschutzbehörde (Regierungspräsidium, zugleich Fachbehörde); Landesumweltamt
<b>Projekt:</b>	P48
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altablagerung)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Land
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	LCKW
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Bergung von Leichtphasen und Fässern; Abdeckung eines Teilbereiches

<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Pflichtiger (Land); Projektsteuerer
<b>Projekt:</b>	P49
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (militärischer Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Bundesrepublik Deutschland
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	BTEX
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Rückbau Tankanlagen, Bodenaustausch, Pump-and-Treat mit Phasenabschöpfung
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Pflichtiger (Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Land); Projektsteuerer
<b>Projekt:</b>	P53
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Privater Pflichtiger
<b>Betroffene Aquifertypen:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	PAK, BTEX, Heterozyklen PKX (Phenole bis C3 Trimethylphenol)
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Teildekontamination durch Bergen von Teeröl
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde); Gutachter und Planer des Pflichtigen
<b>Projekt:</b>	P56
<b>Bodenschutzrechtliche Einordnung:</b>	Altlast (Altstandort)
<b>Maßnahmenträger:</b>	Privater Pflichtiger
<b>Betroffener Aquifertyp:</b>	Porengrundwasserleiter
<b>Für MNA maßgebliche Schadstoffe:</b>	Nitrat / Phosphorverbindungen / Kalium / evtl. Aluminium
<b>Umgang mit der Schadstoffquelle:</b>	Keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser
<b>Teilnehmer Fachgespräch:</b>	Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P58  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Kommune  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX / MKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Teilweise Dekontamination durch Bodenaustausch und Bergung von Leichtphasen  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P66  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX / LCKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Mikrobiologische In-situ-Sanierung, Bodenluftabsaugung, Bodenaustausch, Großversuch Pump-and-Treat, In-situ-chemische Oxidation (ISCO)  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P67  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** LCKW  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Teildekontamination durch Pump-and-Treat und Bodenluftabsaugung; Sicherung des Eintragsgrundstücks durch insgesamt drei Pump-and-Treat-Maßnahmen und eine Bodenluftabsaugung; MNA nur in der gesicherten Fahnen Spitze  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Sonderordnungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P72  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Behördliche Ersatzvornahme und untergeordnet privater Pflichtiger  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** PAK, BTEX, Heterozyklen  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Sonderordnungsbehörde (zugleich Fachbehörde)

**Projekt:** P76  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Schädliche Bodenveränderung  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffene Aquifertypen:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** BTEX  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** keine oder keine gezielte Sanierung hinsichtlich Wirkungspfad Boden-Grundwasser  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Sonderordnungsbehörde (zugleich Fachbehörde); private Pflichtige

**Projekt:** P83  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altstandort unter Bergrecht  
**Maßnahmenträger:** Privater Pflichtiger  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** PAK / BTEX  
**Umgang mit der Schadstoffquelle:** Oberflächenversiegelung in Teilbereichen  
**Teilnehmer Fachgespräch:** Bergrechtsbehörde; private Pflichtige

**Projekt:** P93  
**Bodenschutzrechtliche Einordnung:** Altlast (militärischer Altstandort)  
**Maßnahmenträger:** Bundesrepublik Deutschland  
**Betroffener Aquifertyp:** Porengrundwasserleiter  
**Für MNA maßgebliche Schadstoffe:** PAK / BTEX / MKW

**Umgang mit der Schadstoffquelle:**

Ausbau von Erdtanks und –leitungen; Ausbau offensichtlich kontaminierter Bodenbereiche und Tankbettungsmaterialien

**Teilnehmer Fachgespräch:**

kein direktes Fachgespräch; Abstimmung zum Projekt mit der Kreisverwaltungsbehörde (zugleich Fachbehörde) per Telefon und E-Mail



## **6 Zustandsanalyse Umsetzung von MNA-Konzepten**

Nachfolgend soll auf Basis der durchgeführten Standortuntersuchungen eine Zustandsanalyse der Bandbreite behördlichen Handels bei der Umsetzung von MNA-Konzepten vorgenommen werden. Soweit statistische Auswertungen vorgenommen werden, ist stets zu beachten, dass die Zahlenwerte nur für das untersuchte Kollektiv Gültigkeit besitzen. Obgleich zur Repräsentanz dessen keine Aussage getroffen werden kann, ist aufgrund der Anzahl der Standorte und Bundesländer sowie der in Abschnitt 3.2 beschriebenen Vorgehensweise bei der Auswahl der Standorte dennoch davon auszugehen, dass die vorliegende Zustandsanalyse zumindest ein typisches Bild der Vollzugspraxis zeigt.

### **6.1 Ablauf und Rahmen der Erstellung von MNA-Konzepten**

#### **6.1.1 Pflichtige und Maßnahmenträger**

In elf der untersuchten Vorhaben werden die Maßnahmen ausschließlich von privaten Pflichtigen getragen. Bei zehn Vorhaben werden die Maßnahmen ausschließlich von der öffentlichen Hand (Bund, Land, Kommune oder kommunaler Eigenbetrieb) finanziert. Bei jeweils einem Vorhaben werden die erforderlichen Maßnahmen von einem gesellschaftsrechtlich privatisierten Versorgungsunternehmen im überwiegenden Eigentum der Kommune, mehreren privaten Pflichtigen und der Kommune gemeinsam sowie der Behörde in Ersatzvornahme unter Beteiligung eines privaten Pflichtigen vorgenommen.

#### **6.1.2 Initiativen**

Die Initiative zur Untersuchung und gegebenenfalls Anwendung von MNA geht bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Vorhaben von Seiten des Pflichtigen beziehungsweise Maßnahmenträgers und / oder dessen Gutachter aus. In einem Drittel der untersuchten Fälle geht die Initiative von der zuständigen Behörde aus. MNA als ordnungsbehördliches Zwangsinstrument oder als ordnungsbehördliche Forderung wurde in keinem Vorhaben zum Ansatz gebracht.

Von den insgesamt acht MNA-Konzepten, die aufgrund der maßgeblichen Initiative der Behörde initiiert wurden, wird ein Projekt von einem ausschließlich privaten

Pflichtigen getragen. Bei den sieben restlichen Vorhaben war die öffentliche Hand (Bund, Land, Kommune, (überwiegend) kommunaler Eigenbetrieb) ganz oder teilweise Träger der Maßnahme.

Die Motivation, MNA in den Diskussions- und Abwägungsprozess einzubringen, war überwiegend darin begründet, dass in MNA ein milderes Mittel zum angemessenen Umgang mit der Schadenssituation als durch den Einsatz von (weiteren) aktiven Sanierungsmaßnahmen gesehen wurde. Als durchaus zentrales Element der Diskussion war damit häufig der Begriff der „Verhältnismäßigkeit“ von Beginn an prägend.

Das Thema MNA wurde in der weit überwiegenden Zahl der Projekte (22 von 24 Vorhaben) unmittelbar aufgegriffen, ohne dass grundlegende Vorbehalte oder Widerstände von Beteiligten feststellbar waren.

### **6.1.3 Zeitliche Abläufe**

Die Zeit der Verursachung (Abbildung 6-1) des Boden- bzw. Grundwasserschadens ist bei den meisten Projekten in die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg einzuordnen. Bei sechs Standorten reicht der Zeitraum bis etwa Anfang des 20. Jahrhunderts zurück, bei einem Standort fand die Verursachung bereits überwiegend in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt.

Damit ist davon auszugehen, dass die Schadstoffe sich meist bereits viele Jahrzehnte vor Beginn der Altlastbearbeitung im Untergrund und mit dem Grundwasser ausbreiteten. Dementsprechend ist auch bereits eine längere Etablierung der natürlichen schadstoffmindernden Prozesse gegeben.

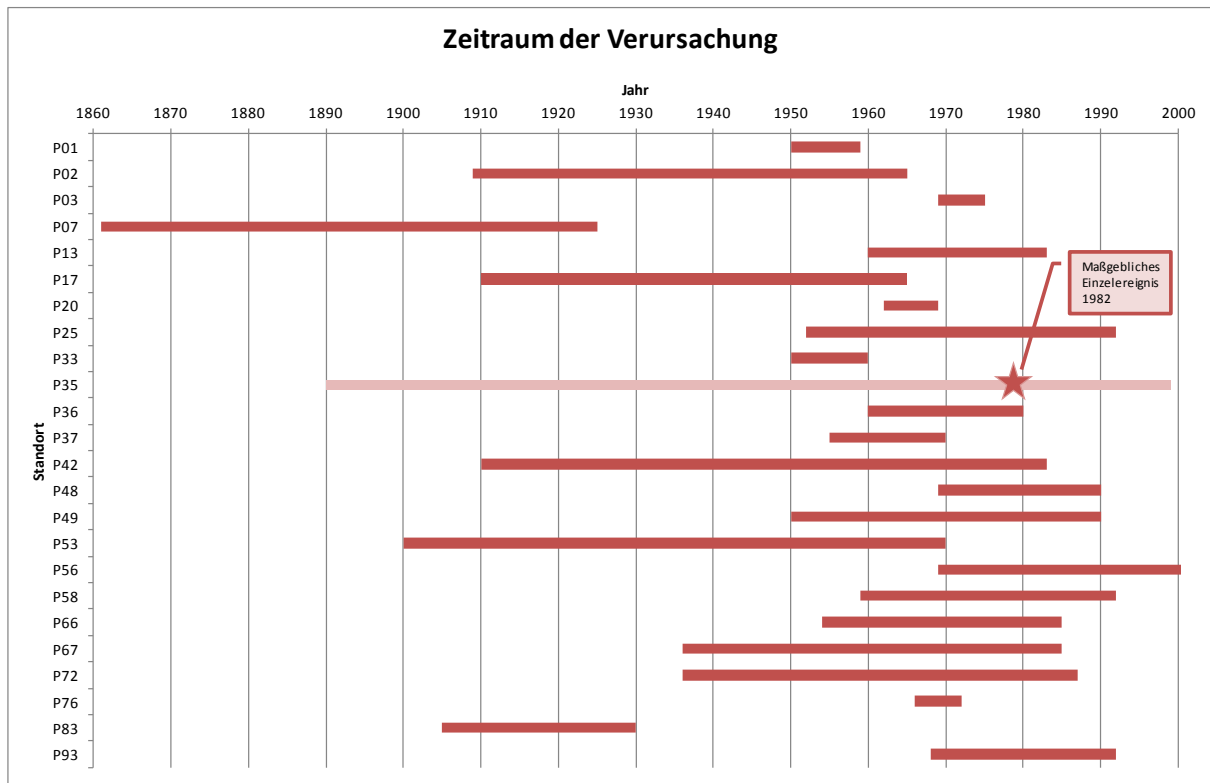


Abbildung 6-1: Zeiträume der Verursachung

In den untersuchten Vorhaben war überwiegend bereits eine lange Periode der Altlastenbearbeitung (Untersuchungen und Erkundungen und / oder Sanierungsmaßnahmen) gegeben, bevor MNA überhaupt als Strategie initiiert wurde (vgl. Abbildung 6-2). Im Mittel lag dieser Zeitraum bei etwa eineinhalb Jahrzehnten.

Bis zur Umsetzung von MNA, also für den Zeitraum von der Prüfung der Voraussetzungen bis zur behördlichen Entscheidung, vergingen deutlich weniger als zehn Jahre, teilweise nur wenige Jahre, wobei festzuhalten ist, dass noch nicht in allen 24 untersuchten Vorhaben MNA durchgeführt wird (vgl. Abbildung 6-2).

Das Ende der Zeitbalken in Abbildung 6-2 bedeutet nicht, dass in den Vorhaben die aktive Monitoringphase beendet ist, dies ist nur bei einem Projekt der Fall.

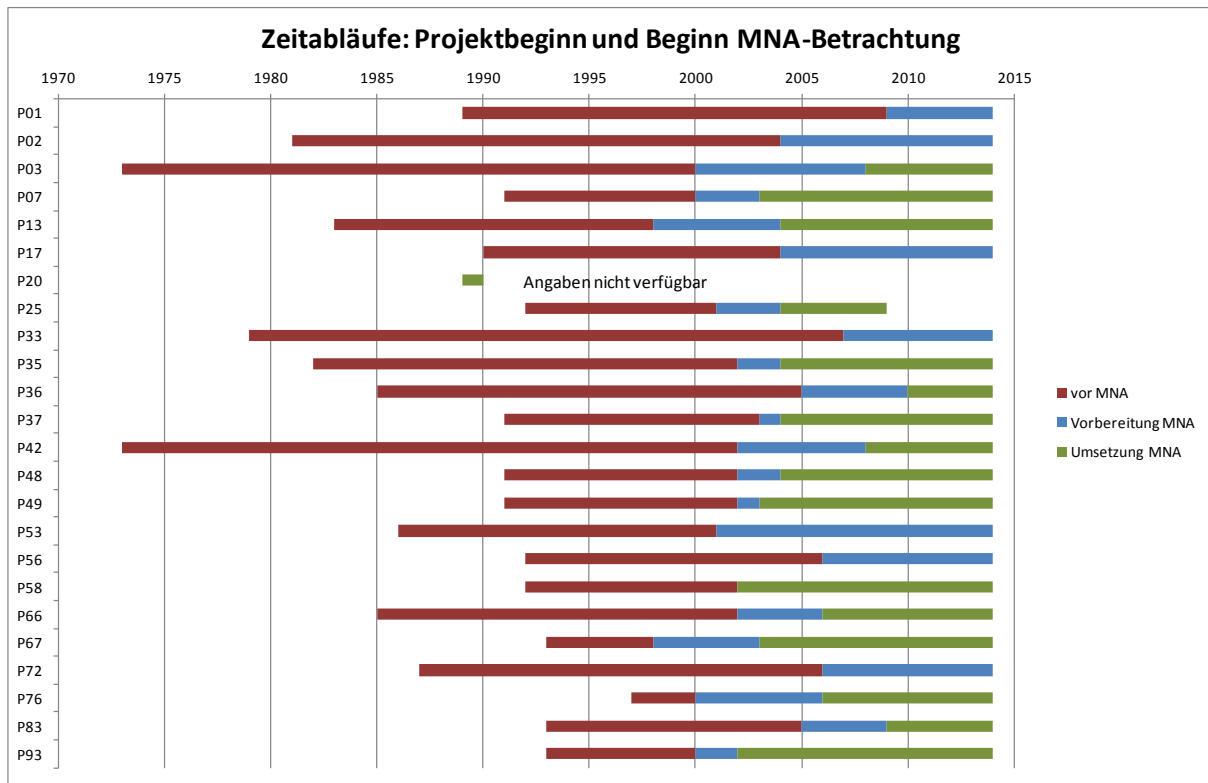


Abbildung 6-2: Zeitabläufe: Projektbeginn und Beginn MNA-Betrachtung

In zwei Vorhaben wurde die Umsetzung von MNA, nachdem es als Strategie vorgeschlagen wurde, seitens der zuständigen Behörde abgelehnt, da man die Voraussetzungen als nicht gegeben angesehen hat. In beiden Vorhaben wurden auf Veranlassung des jeweiligen Pflichtigen die Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen und sonstige Standortuntersuchungen über drei beziehungsweise vier Jahre weiter betrieben. Auf Basis dieses dadurch erweiterten Kenntnisstandes ist es dann gelungen, MNA als Strategie einzubringen und in Abstimmung mit den Behörden weiter zu verfolgen.

Die sehr lange erscheinende Zeitspanne zwischen dem Beginn der systematischen Altlastenbearbeitung und dem Beginn von Untersuchungen im Hinblick auf MNA dürfte darauf zurückzuführen sein, dass ein erheblicher Teil der ausgewerteten Vorhaben seit den 1980er- oder 1990er-Jahren bearbeitet werden. In dieser Zeit spielten natürliche Schadstoffminderungsprozesse generell noch keine große Rolle in der Altlastenbearbeitung; die systematische Untersuchung derartiger Effekte setzte vielmehr erst um die Jahrtausendwende ein.

Hinsichtlich der Einhaltung zeitlicher Vorgaben der Projektbearbeitung ist festzuhalten, dass in elf Fällen keine konkreten Terminpläne vereinbart oder festgesetzt waren. Dennoch war bei dieser Fallgruppe festzustellen, dass die Bearbeitungszeit von den Interviewpartnern subjektiv teilweise als „(zu) lange“ eingeschätzt wurde.

Bei neun Projekten wurde seitens der Interviewpartner angemerkt, dass die Umsetzung der Untersuchungen sowie die Konzepterstellung mehr Zeit als vorgesehen oder vereinbart in Anspruch genommen haben. Die Gründe hierfür reichten von erforderlichen Nachuntersuchungen über Unterbrechungen der Bearbeitungen aufgrund rechtlicher Auseinandersetzungen bis hin zu schleppender Bearbeitung. Bei einigen der Vorhaben dieser Fallgruppe waren jedoch auch keine verbindlichen Terminpläne auszumachen.

Lediglich an vier Standorten wurden die vorgesehenen und festgesetzten Zeitabläufe eingehalten.

#### **6.1.4 Bearbeitungsschritte zur Erstellung und Genehmigung von MNA-Konzepten**

##### **6.1.4.1 Festgestellte Abläufe**

Empfehlungen zum schrittweisen Vorgehen bei der Erstellung eines MNA-Konzeptes sowie der Entscheidung für und die Durchführung von MNA sind ausführlich in Anhang 1 des LABO-PoP /3/ dargestellt. Grundsätzlich sind dabei vier Bearbeitungsschritte vorgesehen. Unabhängig von der Tatsache, dass die Untersuchung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei einigen der untersuchten Vorhaben bereits vor der Erstauflage des Positionspapiers begonnen wurde und unabhängig von den fachlich-inhaltlichen Umsetzungen, die in den folgenden Abschnitten zu Einzelthemen beschrieben werden, sind in der praktischen Umsetzung dieser Schritte folgende Punkte aufgefallen:

- Unabhängig von der Güte der Umsetzung können die Anforderungen und Inhalte der Empfehlungen aus Anhang 1 des Positionspapiers als bekannt vorausgesetzt werden.
- Die Ergebnisse der Abarbeitung der einzelnen Schritte sind meist in einer Reihe von Gutachten und Prüfberichten dokumentiert.

- Eine zusammenfassende Ausarbeitung, die, überspitzt ausgedrückt, den Titel „MNA-Konzept“ trägt, liegt im Regelfall nicht vor. Eine derartige zusammenfassende Darstellung unter Einbezug von Voruntersuchungen ist beispielsweise bei der Aufstellung von Sanierungsplänen eine selbstverständliche Routine der Altlastenbearbeitung. Analog zu den Ausführungen in Anhang 3 der BBodSchV zu der Sanierungsuntersuchung und dem Sanierungsplan wäre hier die Vorgabe einer Mustergliederung hilfreich. Es wäre dabei sicherlich ausreichend, die einzelnen Punkte äußerst knapp auszuarbeiten und mittels Querverweisen auf Einzelgutachten zu belegen.
- Schritt III (behördliche Entscheidung) ist als formaler Akt in einer Vielzahl von Vorhaben nicht eindeutig festzustellen.
- Insofern war bei einer Vielzahl von Vorhaben nicht eindeutig abgrenzbar, in welcher Phase sich das Vorhaben aktuell befindet. Typisch waren dabei Aussagen, die ein seit Jahren laufendes Monitoring, das ursprünglich der Beobachtung der Schadenssituation und später dem Nachweis der Fahnenstationarität diene, auch als laufendes MNA im Sinne des Schrittes IV Anhang 1 LABO-PoP /3/ einstufen.

#### **6.1.4.2 Fazit zu den Bearbeitungsabläufen**

Zusammenfassend ist zur Bearbeitung von MNA-Konzepten festzuhalten:

- Eine standardisierte Vorlage von MNA-Konzepten auf Basis einer Mustergliederung wäre wünschenswert.
- Eine definierte behördliche Entscheidung (Schritt III) und damit die konkrete Überführung von MNA-Konzepten in den Schritt IV (Durchführung) als formeller Rechtsakt würde den Status der Anwendung von MNA als konkrete Maßnahme schärfen und deutlicher von einer reinen Monitoringmaßnahme abgrenzen. Nachdem kein gesetzliches Instrument für die Zulassung von MNA besteht, wird daher empfohlen, konkrete Vorgaben an ein MNA-Konzept im Einzelfall in einem öffentlich-rechtlichen Vertrag oder in einem Sanierungsplan festzuschreiben.

#### **6.1.5 Projektbeteiligte**

Die in den einzelnen Vorhaben angetroffenen Behördenstrukturen sollen hier keiner weiteren Betrachtung unterzogen werden, da sie primär durch länderspezifische Regelungen der Verwaltungsstruktur geprägt sind. Grundsätzlich unterscheidet sich die

Konstellation dabei naturgemäß nicht von der üblichen Bearbeitung von Altlastenfällen. Aufgrund der Komplexität von MNA-Vorhaben und der teilweise relativ geringen Erfahrung aus Vergleichsprojekten fällt jedoch auf, dass in 17 von 24 Vorhaben das jeweilige Landesumweltamt und ggf. weitere Landesämter beratend eingebunden sind. Auch wenn im Rahmen der vorliegenden Studie keine Vergleichszahlen erhoben wurden, scheint die Einbindung von Landesbehörden in MNA-Projekte gegenüber Altlastenprojekten ohne MNA überproportional häufig der Fall zu sein.

Auf Planer- und Gutachterseite sind in einzelnen Vorhaben für die Thematik MNA gesonderte Fachbüros eingebunden, die ausschließlich diesen Aspekt des Vorhabens bearbeiten. Eine Systematik ist diesbezüglich jedoch nicht zu erkennen. Formale Anforderungen an die Qualifikation des Planers oder Gutachters (z.B. Sachverständigenzulassung nach § 18 BBodSchG) werden seitens der Behörden nur im Ausnahmefall erhoben und sind nicht als typisch einzustufen. Vielmehr wird diesbezüglich der Erfahrung und den Referenzen des jeweiligen Planers oder Gutachters hohe Bedeutung eingeräumt.

Hinsichtlich der eingebundenen Labore waren keine Besonderheiten feststellbar. Hier hat sich im Bereich der Altlastenbearbeitung hinsichtlich der chemischen Analytik zumindest formal ein weitgehend identischer Qualitätsstandard etabliert. Weitergehende Anforderungen, die beispielsweise auch eine Qualitätssicherung bei der Probenahme gewährleisten würden, wie beispielsweise die Zulassung als Untersuchungsstelle nach § 18 BBodSchG, wurden behördlicherseits nicht erhoben. Teilweise wurde jedoch eine Anerkennung auf Basis länderspezifischer Regelungen gefordert.

Die sonstigen Laboruntersuchungen (Isotopenuntersuchungen, mikrobiologische Untersuchungen) wurden in hierfür spezialisierten Fachlaboren und teilweise an Hochschulen durchgeführt. Auch hierbei wurden keine formalen Anforderungen an die jeweilige Qualifikation erhoben.

Bei einzelnen Projekten waren Hochschulinstitute in die fachliche Bearbeitung eingebunden. (Grundlagen)forschung im engeren Sinne wurde dabei im Wesentlichen nicht betrieben.

## 6.1.6 Informationsquellen und Hilfsmittel

Als schwierig erwies sich die Abfrage der Quellen und Hilfsmittel für fachliche Informationen. Spontane Antworten mit eindeutiger Präferenz wurden nicht erhalten. Aus der sich ergebenden Diskussion lassen sich folgende Tendenzen festhalten:

- Als wichtigste Informationsquellen stellten sich aus den Gesprächen nationale und internationale Fachveröffentlichungen und Tagungsbeiträge heraus. Wiederholt wurden hier insbesondere die DECHEMA-Tagungen angeführt. Demgegenüber nachrangig wurden noch Internetrecherchen angeführt, die insbesondere zur Abklärung konkreter Einzelfragestellungen während der Bearbeitung zum Einsatz kamen.

Diese Tendenz war nicht nur bei frühen Vorhaben, die vor Veröffentlichung des LABO-PoP /3/, der einschlägigen Materialien des Verbundvorhabens KORA oder länderspezifischer Vorgaben und Arbeitshilfen bearbeitet wurden, feststellbar, sondern auch in aktuellen Projekten.

- Das LABO-PoP /3/ zu MNA war grundsätzlich bei allen Behördenvertretern bekannt. Eine strikte Anwendung, beispielsweise hinsichtlich der Voraussetzungen für MNA und des Umgangs mit der Schadstoffquelle, war in der überwiegenden Zahl der Vorhaben nicht gegeben. Im Regelfall wird dem LABO-PoP /3/ orientierender und empfehlender Charakter im Sinne eines Vorschlags der Systematik für die Bearbeitung zugeordnet. Diesbezüglich wird das LABO-PoP /3/ überwiegend als praxisgerechtes Werkzeug eingestuft. Lediglich in einem Vorhaben wurde es ohne weitere Konkretisierung als teilweise „verwissenschaftlich“ bezeichnet.
- In Hessen wurde neben dem LABO-PoP /3/ in den untersuchten Vorhaben auch die Arbeitshilfe des Hessisches Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) /4/ beziehungsweise in frühen Stadien teilweise dessen Entwurf für die Bearbeitung herangezogen.
- In Niedersachsen wurden mehrfach die seitens des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) aufgestellten Akzeptanzkriterien für MNA berücksichtigt, die bereits vor dem Erscheinen der ersten Version des LABO-PoP verfügbar waren.
- In Baden-Württemberg wurde seitens der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) als Arbeitshilfe das Papier „Monitored Natural Attenuation – Konzepte im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung



in Baden-Württemberg“ /6/ veröffentlicht und in der Bearbeitung herangezogen. Die ersten Veröffentlichungen hierzu datieren ebenfalls vor dem Erscheinungsdatum des LABO-PoP in der Erstversion.

- Bei den Vorhaben in Bayern wurde auch auf das Merkblatt Nr. 3.8/3 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (jetzt: Bayerisches Landesamt für Umwelt) /5/ zurückgegriffen. Hierzu muss erwähnt werden, dass für den Vollzug in Bayern die Anwendung dieses Merkblatts vorgegeben ist. Das LABO-PoP /3/ kann ergänzend zu diesem Merkblatt herangezogen werden.
- Die Existenz der Leitfäden und Handlungsempfehlungen des BMBF-Förderschwerpunktes KORA kann überwiegend als bekannt vorausgesetzt werden. Eine wesentliche Bedeutung oder Anwendung war bei den untersuchten Vorhaben zumindest auf Seiten der Behörden nicht erkennbar. Inwieweit die involvierten Gutachter und Planer auf diese Materialien zurückgreifen, entzieht sich unserer Kenntnis.

### **6.1.7 Schwierigkeiten und Konflikte**

Als Schwierigkeiten und Konflikte rechtlicher oder technischer Natur sind festzuhalten:

- In zwei Vorhaben (P13 und P42) wurden seitens der Behörden die Voraussetzungen für MNA zunächst als nicht gegeben angesehen. Dennoch haben die jeweiligen Pflichtigen weitere Untersuchungen zu MNA veranlasst, die letztendlich den Weg für die Akzeptanz von MNA bereitet haben.
- Im Vorhaben P53 erforderte die Eingrenzung der Fahne mehrfache Nacharbeit, da sich zunächst nicht analysierte Schadstoffe im Grundwasser als charakterisierend für die Fahnenabgrenzung erwiesen.
- Im Vorhaben P67 mussten während des laufenden Monitorings Grundwassermessstellen, für die eine prognostizierte Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser Bestandteil eines öffentlich-rechtlichen Vertrags ist, ersetzt werden. Die Festlegung der Position und des Ausbaus der Ersatzmessstellen sowie die Interpretation der Messwerte erwiesen sich dabei als schwierig.
- Die Entwicklung der BTEX-Konzentrationen im Grundwasser wird im Vorhaben P76 als konform mit den im öffentlich-rechtlichen Vertrag vereinbarten Konzentrationsentwicklungen angesehen. Jedoch wird die Grundwasserbelas-

tung in zunehmendem Maße von höher alkylierten Benzolderivaten dominiert. Die Ursachen hierfür sind noch nicht abschließend geklärt. Trotz des grundsätzlich erfolgreich verlaufenden MNA wird daher noch weitergehender Handlungsbedarf gesehen.

- Die Grundwasserbelastung im Vorhaben P56 wird primär durch Ammonium, Nitrat, Phosphorverbindungen und Kalium charakterisiert. Neuere Untersuchungen mit erweitertem Parameterspektrum belegen nunmehr zudem eine erhebliche Grundwasserbelastung mit Aluminium. Die Ursachen hierfür sind noch nicht bekannt, es wird aber ein weiterer Untersuchungsbedarf gesehen.
- Im Vorhaben P83 wird im abströmenden Grundwasser ein Abbau von PAK und BTEX beobachtet. Die quasi-stationäre Fahnenlänge wird als akzeptabel eingestuft. Im randlichen Bereich wird der Grundwasserabstrom durch einen kanalisierten Bachlauf beeinflusst. Dieses Bauwerk hat auf das Grundwasser offensichtlich drainierende Wirkung, mit der Folge, dass im Umfeld des Kanals eine weit reichende Verschleppung von Schadstoffen zu beobachten ist. Zudem ist im abstromigen Freiwasserbereich des Bachs eine erhebliche Schadstoffbelastung festzustellen. Für diesen Bereich des Schadens wird die Notwendigkeit aktiver Sanierungsmaßnahmen gesehen.

### 6.1.8 Rechtliche Ausgestaltung und Regelungsinstrumente

Die rechtliche Ausgestaltung von MNA-Projekten unterscheidet sich nicht grundsätzlich von jener bei konventionellen Altlastenvorhaben. An Konstellationen wurden freiwilliges Agieren des Pflichtigen in Abstimmung mit der Behörde, öffentlich-rechtliche Verträge, verbescheidete oder verbindlich erklärte Sanierungspläne nach § 13 BBodSchG und sonstige Bescheide oder Anordnungen festgestellt. Konkret wurden verwaltungsrechtliche Regelungen zu MNA bei insgesamt elf Vorhaben festgestellt, in zwei weiteren Vorhaben ist noch vorgesehen, Regelungen zu treffen. Folgende Fallkonstellationen wurden angetroffen:

- Öffentlich-rechtlicher Vertrag:
  - 4 Vorhaben: rechtskräftig.
  - 1 Vorhaben: Öffentlich rechtlicher Vertrag auf Basis eines Sanierungsplans nach § 13 BBodSchG, rechtskräftig.
  - 1 Vorhaben: Öffentlich rechtlicher Vertrag auf Basis eines Sanierungsplans nach § 13 BBodSchG, rechtskräftig. Der Sanierungsplan trifft

Ausführungen zu MNA, ist aber nur in Teilen, die nicht MNA zum Gegenstand haben, verbindlich erklärt. Die konkreten Regelungen zu MNA sind Bestandteil des öffentlich-rechtlichen Vertrags.

- 2 Vorhaben: Abschluss geplant / in Vorbereitung.
- Anordnung / Bescheid
  - 2 Vorhaben: rechtskräftig.
  - 1 Vorhaben: Änderungsgenehmigung zu bergrechtlichem Abschlussbetriebsplan, rechtskräftig.
- Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG
  - 1 Vorhaben: Sanierungsplan verbindlich erklärt.
  - 1 Vorhaben: Sanierungsplan „behördlich bestätigt“, jedoch nicht verbindlich erklärt. Hiermit signalisiert die Behörde die inhaltliche Zustimmung zum Sanierungsplan.

Als Sonderfall ist das Vorhaben P83 einzustufen, da der Standort dem Bergrecht unterliegt und somit als Altstandort, nicht jedoch als Altlast einzustufen ist. Die fachliche Bearbeitung folgt hier grundsätzlich bodenschutzrechtlichen Vorgaben. Die genehmigungsrechtliche Basis für Maßnahmen stellen jeweils Zustimmungen zu Änderungsanträgen des Abschlussbetriebsplans mit einer jeweiligen Laufzeit von zwei Jahren dar. Aufgrund der beschränkten Laufzeiten ergibt sich hier die Möglichkeit, flexibel auf eine sich ändernde Situation zu reagieren.

In den restlichen Vorhaben wurden keine rechtlichen Regelungsinstrumente festgestellt und es war in den Gesprächen auch nicht erkennbar, dass dies vorgesehen sei.

In einzelnen Regelungsinstrumenten wurden Öffnungsklauseln für den Fall eines nicht erfolgreichen Verlaufs aufgenommen. Überwiegend wurde hierfür jedoch kein Bedarf gesehen, da im Falle des Scheiterns von MNA ohnehin die Grundlage der jeweiligen Vereinbarung entfällt.

Sicherheiten gem. § 10 Abs. 1 BBodSchG zur Gewährleistung der Aufrechterhaltung erforderlicher Maßnahmen wurden in keinem Vorhaben eingefordert.

### **6.1.9 Fazit zum Ablauf und Rahmen der Erstellung von MNA-Konzepten**

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Die untersuchten Vorhaben weisen ausnahmslos bereits mehrere Jahrzehnte der Altlastenbearbeitung auf. Zur Terminsteuerung ist dabei festzuhalten, dass die meisten Vorhaben über weite Strecken ohne konkrete Vorgaben abgewickelt werden.
- Bei der öffentlich-rechtlichen Abwicklung der Vorhaben ist kein systematischer Unterschied zu Altlastenvorhaben ohne MNA zu erkennen.
- Die Initiative, MNA als Maßnahme zu verfolgen, ging bei den untersuchten Vorhaben überwiegend von den Pflichtigen bzw. deren Gutachter aus.
- Bei den Projektbeteiligten ist eine überproportionale Beteiligung von Landesfachbehörden feststellbar. Dies kann als Hinweis darauf gedeutet werden, dass auf Seiten der zuständigen unteren Fachbehörden und der Kreisverwaltungsbehörden noch Unsicherheiten oder Unterstützungsbedarf bei der Umsetzung von MNA bestehen.
- Bei der überwiegenden Zahl der Vorhaben liegt keine formaler rechtlicher Rahmen bezüglich der Verpflichtungen im Rahmen der Anwendung von MNA vor.

## **6.2 Untersuchung der Standorte**

Nachdem auf allen Standorten bereits eine langjährigen Phase der Altlastenbearbeitung gegeben war, bevor die Thematik MNA initiiert wurde, war in allen Vorhaben eine grundsätzlich gute Kenntnis der Schadenssituation gegeben. Somit mussten in allen Projekten nur mehr ergänzende Untersuchungen im Hinblick auf MNA (im Wesentlichen Eingrenzung der Fahne, Nachweis der Quasi-Stationarität der Fahne und des Vorhandenseins von Minderungsprozessen) vorgenommen werden.

Neben MNA wurden in nahezu allen Vorhaben die Möglichkeiten aktiver Sanierungsmaßnahmen durch die Erstellung von Sanierungskonzepten, -untersuchungen oder -plänen betrachtet. Auffallend war dabei, dass einzelne Varianten dabei nach nur sehr oberflächlicher Betrachtung als nicht verhältnismäßig ausgeschieden wur-

den, was sich letztlich im Regelfall an den Kosten festmachte (siehe hierzu auch Abschnitt 6.9).

An drei Standorten wurden nach Jahren der Altlastenbearbeitung in einer späten Phase der Untersuchung bzw. im laufenden MNA „neue“ Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen detektiert und deren Konzentrationen im Grundwasser als problematisch eingestuft. Dabei ist in zwei Fällen davon auszugehen, dass diese nicht neu aufgetreten sind sondern aufgrund geänderter Untersuchungsspektren erst spät detektiert wurden. Im dritten Fall ist noch nicht abschließend geklärt, ob es sich um chemisch-analytische Effekte oder um einen tatsächlichen Anstieg bisher als nicht relevant eingestufte Schadstoffe handelt.

In einem Fall hat dies zu erheblichen Verzögerungen bei der abschließenden Fahneingrenzung geführt. In den beiden weiteren Fällen wird aktuell geprüft, inwieweit sich bezüglich der neu detektierten Schadstoffe die Notwendigkeit aktiver Sanierungsmaßnahmen oder einer Neubewertung der Voraussetzungen für die Anwendung von MNA als Strategie ergibt.

## **6.3 Schutzgutbetrachtungen**

Gemäß Abschnitt 4.4 des LABO-PoP sollen im Falle der Umsetzung eines MNA-Konzepts zukünftig keine weiteren Schutzgüter beeinträchtigt werden. Hierzu wurden die nachfolgend angeführten Feststellungen getroffen.

### **6.3.1 Grundwasser**

#### **Grundwasser als nutzungsunabhängiges Schutzgut**

Bei der Bewertung der von den untersuchten Standorten ausgehenden Schadstoffbelastungen im Grundwasser wurde wiederholt argumentativ angeführt, dass die vorherrschende Situation u.a. deshalb akzeptabel sei, weil das Grundwasser im Abstromfahnenbereich ohnehin keiner Nutzung unterliege. Die u.a. im WHG begründete Bedeutung von Grundwasser als eigenständiges, von einer konkreten Nutzung unabhängiges Schutzgutes wird im Zuge dieser Argumentation aufgegeben.

## **Gefährdung noch nicht verunreinigten Grundwassers**

Die Untersuchung der Stationarität der Schadstofffahne erfolgt im Regelfall an einem vorgegebenen Messstellennetz. Je nach Aquiferaufbau und Güte des Messstellennetzes ist dabei die Untersuchung der Schadstoffverteilung im Aquiferkörper

- beim Vorhandensein von Messstellengruppen tiefendifferenziert,
- bei vollkommen verfilterten Grundwassermessstellen integrierend und
- im Falle der Beprobung von unvollkommenen Einzelmessstellen auf Teilbereiche des Aquifers beschränkt.

Soweit sich lateral oder longitudinal eine Ausbreitung der Schadstoffe ergibt und damit bisher unbelastete Teile des Grundwasserkörpers mit Schadstoffen beladen werden, kann dies in den drei vorstehenden Fällen bei ausreichender Messstellendichte und –anordnung erkannt werden. Soweit eine Verlagerung von Schadstoffen zur Tiefe hin auftritt, kann dies allenfalls im ersten Fall erkannt werden.

In der überwiegenden Zahl der Vorhaben waren die Grundwassermessstellen zur Fahnenabgrenzung vollkommen oder unvollkommen ausgebaut. Eine tiefendifferenzierte Grundwasserbeprobung an Messstellengruppen bzw. Multilevelmessstellen wurde bei acht Vorhaben vorgenommen.

Neben der Verlagerung von Schadstoffen innerhalb eines Aquifers kommt einer potentiellen Verschleppung von Schadstoffen in tiefere Grundwasserstockwerke hohe Bedeutung zu. Soweit feststellbar, wurde mit dieser Thematik wie folgt umgegangen:

- In sieben Vorhaben wurde aus Kenntnis der regionalen Geologie abgeleitet, dass tiefere Grundwasserstockwerke nicht gefährdet sind. In zwei weiteren Fällen wurde diese Annahme durch Beprobung des tiefer liegenden Aquifers verifiziert.
- In zwei Vorhaben wurde durch Bohrungen die Durchgängigkeit des ersten Grundwasserstauers untersucht. In einem dieser Vorhaben wurde zusätzlich eine Beprobung des tieferen Aquifers vorgenommen.
- In fünf Vorhaben war bekannt, dass keine durchgehend gehaltenen Trennschichten vorhanden sind. Durch tiefendifferenzierte Beprobung (in einem Fall

in Form eines Pumpversuchs) wurden in der Tiefe keine oder nur geringe Schadstoffbelastungen nachgewiesen.

- In vier Vorhaben wurde kein Nachweis geführt, dass eine Schadstoffverschleppung in tiefere Grundwasserstockwerke nicht zu erwarten ist bzw. die Thematik nicht weiter aufgegriffen.
- In drei Vorhaben ist ein Schadstoffeintrag in einen tieferen Grundwasserleiter (davon ein Kluftgrundwasserleiter) nachgewiesen.
- In mindestens einem Vorhaben ist ein Eintrag in tiefere Grundwasserstockwerke nachgewiesen und es ist nach wie vor eine Verlagerung zur Tiefe festzustellen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in etwa zwei Drittel der untersuchten Fälle eine Gefährdung tiefer liegender Grundwasservorkommen für ausgeschlossen gehalten wurde. Dabei stützten sich sieben dieser Fälle ausschließlich auf die Auswertung der regionalen Geologie im Umfeld des Standorts. In fünf dieser Fälle war zwar aufgrund der (hydro)geologischen Gegebenheiten eine Verlagerung von Schadstoffen zur Tiefe hin nicht ausgeschlossen, tiefendifferenzierte Beprobungen haben allerdings ergeben, dass eine Verlagerung zur Tiefe bisher nicht erfolgt ist. Hieraus wurde abgeleitet, dass eine Verlagerung zur Tiefe nicht gegeben und nicht zu erwarten sei. Bei vier weiteren Vorhaben dieser Fallgruppe erfolgte direkt die Beprobung des unterlagernden Aquifers. Bei einem Drittel der untersuchten Standorte wurde das Thema nicht aufgegriffen, es war bereits ein Schadstoffeintrag in tiefere Grundwasserstockwerke eingetreten oder es war noch eine fortschreitende Verlagerung von Schadstoffen zur Tiefe feststellbar.

### **6.3.2 Immissionsbetrachtungen**

#### **Grundwassernutzungen**

Immissionsbetrachtungen bezogen sich in zwei Vorhaben auf die Beeinflussung bestehender Grundwassernutzungen (je ein Brauchwasserbrunnen eines Schwimmbades und einer Gärtnerei). In einem Fall gilt dabei ein Schadstoffeintrag in das Brunnenwasser als ausgeschlossen. Im zweiten Fall erfolgt ein intensives Monitoring insbesondere an einer Warnmessstelle im Zustrom des Brunnens. Für den Fall der Überschreitung tolerabler Schadstoffkonzentrationen wurden Notfallpläne entwickelt,



die von zusätzlichen Wasseruntersuchungen bis hin zu einer Aufbereitung des geförderten Grundwassers reichen.

In zwei Vorhaben erfolgt die regelmäßige Kontrolle der Wassergüte aus Gartenbrunnen von Grundstücken, die sich im Umgriff oder Randbereich der Schadstofffahne befinden. Die Grundstückseigentümer sind in diesen Vorhaben über die Schadstoffsituation informiert und erhalten das jeweilige Ergebnis der Beprobung. Eine derartige Kontrolle wurde bei keinem weiteren Vorhaben festgestellt, obgleich das Vorhandensein von Gartenbrunnen auch in anderen Vorhaben nicht ausgeschlossen werden kann.

An einem Standort ist die Nutzung des oberflächennahen Grundwassers durch Allgemeinverfügung grundsätzlich untersagt, da durch industrielle und gewerbliche Nutzung großräumig eine diffuse Hintergrundbelastung des Grundwassers mit Schadstoffen vorliegt.

Bei einem Vorhaben befindet sich im Grundwasserzustrom der Altlast eine Trinkwasserfassung. Pumpversuche haben ergeben, dass sich für den Fall einer längeren Wasserentnahme mit voller genehmigter Leistung eine Umkehr der Grundwasserströmungsrichtung ergeben kann. Obgleich diese Situation derzeit weder gegeben noch vorgesehen ist, wurde zwischen der Altlast und der Trinkwasserfassung ein „Polzeibrunnen“ installiert, der regelmäßig untersucht wird.

### **Wasserschutzgebiete**

Hinsichtlich der Gefahr einer Beeinflussung von Wasserschutzgebieten konnte mit Ausnahme eines Vorhabens der Nachweis geführt werden, dass, soweit sich Wasserschutzgebiete in der Nähe befinden, ein Eintrag von Schadstoffen in die Schutz-zonen ausgeschlossen werden kann. Bei einem Vorhaben liegen die Schadstoffquelle und -fahne nahezu vollständig in der Schutzzone III b eines Wasserschutzgebietes.

### **Schadstoffeintrag in Oberflächengewässer**

Deutlich divergierende Bewertungen der Behörden wurden hinsichtlich der Möglichkeit eines Schadstoffeintrags in Oberflächengewässer durch exfiltrierendes Grund-



wasser artikuliert. Während in einem Vorhaben der potentielle Eintrag kontaminierten Grundwassers in einen Industriehafen aufgrund der dort vorhandenen Vorbelastung als tolerabel angesehen wurde, wird in einem anderen Vorhaben der potenzielle Eintrag von Schadstoffen in ein sehr großes Oberflächenfließgewässer als völlig indiskutabel bewertet und muss ausgeschlossen sein. Demgegenüber steht ein Vorhaben, bei welchem die Schadstofffahne zu einem großen Oberflächengewässer hin nicht abgegrenzt ist. In diesem Vorhaben wird ein potenzieller Schadstoffeintrag in das Oberflächengewässer aufgrund der dabei zu erwartenden Verdünnung als unproblematisch eingestuft.

Eine vergleichbar divergierende Herangehensweise ergab sich hinsichtlich der Bewertung von Schadstoffeinträgen in kleinere Oberflächengewässer, die unmittelbar eine Beeinträchtigung der Wasserqualität verursachen. In einem Vorhaben wurde die Infiltration erheblicher Mengen belasteten Grundwassers in einen Bach als unproblematisch bewertet. Demgegenüber werden an einem anderen Standort aktuell Sanierungsmaßnahmen geplant, da ebenfalls ein Bach mit geringem Wasserabfluss erheblich mit Schadstoffen belastet ist.

Eine einheitliche Bewertung des Schadstoffeintrags in Oberflächengewässer ist hier im behördlichen Vollzug nicht erkennbar.

### **6.3.3 Sonstige Schutzgüter und Wirkungspfade**

In einzelnen Vorhaben war eine Gefährdungssituation durch direkten Kontakt Boden-Mensch sowie über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze gegeben. Zudem war teilweise eine Gefährdung durch Bodengase feststellbar. Die Untersuchung und Abwehr dieser Gefahren erfolgte nach den üblichen Regularien der Altlastenbearbeitung und war nicht Gegenstand von MNA.

### **6.3.4 Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, sonstige Beeinträchtigungen**

Aufgrund der an den untersuchten MNA-Standorten vorhandenen Belastungen von Boden, Grundwasser und/oder Bodenluft mit Schadstoffen ergeben sich teilweise Vorgaben und Einschränkungen bei der Nutzung der Standorte und Fahnenbereiche. Nachfolgend sind festgestellte Beeinträchtigungen der Nutzung sowie festgesetzte

oder erforderliche Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen aufgeführt. Die Maßnahmen und Beeinträchtigungen können dabei sowohl die Eintragsgrundstücke als auch den Umgriff der Schadstofffahne betreffen.

Neben der Beeinträchtigung der bodenschutzrechtlich Pflichtigen, können die Beschränkungen und Maßnahmen daher finanzielle Belastungen für Dritte verursachen und damit direkt (Kosten) oder indirekt (Wertminderung, Nutzungsbeschränkungen) in deren Vermögensverhältnisse eingreifen. In einem Vorhaben wurde ein sich im Bereich der Abstromfahne einer von der Altlast ausgehenden Grundwasserbelastung befindliches Grundstück von einem Investor erworben. Aufgrund von Restriktionen (Gründungstiefe, keine geothermische Nutzung des Grundwassers) sowie Mehrkosten bei der Baumaßnahme aufgrund einer erforderlichen Grundwasseraufbereitung, steht die gerichtliche Einforderung von Schadensersatz durch den Erwerber im Raum.

Folgende Beeinträchtigungen und Maßnahmen zeigten sich in unterschiedlicher Ausprägung an einzelnen Standorten und im Fahnenbereich:

### **Vorgaben und Einschränkungen zu baulichen Nutzungen**

- Einschränkungen des Nutzungsumfangs durch
  - Einschränkung der Gründungstiefe
  - Verbot der Unterkellerung
  - Ausschließlich fliegende Bauten zulässig
- Vorgaben zur Baukonstruktion
  - Gasdichte Ausführung von Bodenplatten
  - Gasdrainagen unter Bodenplatten
  - Abdichtung von Gründungspfählen im Bereich grundwasserstauender Schichten

### **Vorgaben und Einschränkungen zur Benutzung des Grundwassers**

- Generelles Verbot der Nutzung des Grundwassers
- Keine Genehmigung der geothermischen Nutzung des Grundwassers
- Vorgaben und Einschränkungen hinsichtlich der Versickerung von Wasser

- Einschränkungen und Vorgaben bezüglich baubedingter Wasserhaltungen
  - Bewertung des Einflusses geplanter Maßnahmen auf die Grundwasser-  
serverhältnisse
  - Ggf. bauliche Maßnahmen (Baugrubenverbauten) zur Verringerung des  
Wasserandrangs
  - Aufbereitung und Reinigung geförderten Grundwassers
- Aufrechterhaltung der aufgrund von Brauchwasserentnahmen anthropogen  
beeinflussten Grundwasserströmungsrichtungen

### **Sonstige Vorgaben und Einschränkungen**

- Vorgaben zum Stoffstrommanagement bei Eingriffen in den Boden
- Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (keine Nutzbarkeit von einzelnen  
Kellerräumen)

### **6.3.5 Fazit zu den Schutzgutbetrachtungen**

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Die Schutzgutbetrachtungen zum Grundwasser sind in einer Vielzahl von Fäl-  
len durch Immissions- und Nutzungsaspekte dominiert.
- Demgegenüber tritt dann die Betrachtung von Grundwasser als eigenständi-  
ges und nutzungsunabhängiges Schutzgut in den Hintergrund.
- Eine Verlagerung von Schadstoffen in tiefere Grundwasserstockwerke wird mit  
qualitativ unterschiedlicher Nachweisführung in etwa zwei Drittel der Vorhaben  
ausgeschlossen. In einem Drittel der Vorhaben waren keine diesbezüglichen  
Untersuchungen feststellbar, oder es war eine Verlagerung zur Tiefe bereits  
eingetreten oder im Gange.
- Bezüglich der Bewertung eines möglichen Eintrags von Schadstoffen in Ober-  
flächengewässer ist keine einheitliche Herangehensweise erkennbar. Diese  
wird in einzelnen Vorhaben als inakzeptabel eingestuft, wohingegen in ande-  
ren Vorhaben unter Hinweis auf nicht gegebene Nutzung oder die eintretende  
Verdünnung der Schadstoffkonzentrationen keine Probleme gesehen werden.
- Das Vorhandensein von Boden- und Grundwasserbelastungen führt bei der  
überwiegenden Zahl der Standorte zu Einschränkungen der Nutzbarkeit des  
Grundwassers und ggf. auch des Grundstücks.

- Einschränkungen und Maßnahmen sind in einzelnen Vorhaben auch im Bereich der Schadstofffahne erforderlich. Hiervon betroffen sind ggf. auch Dritte, die an der Altlastenbearbeitung grundsätzlich nicht beteiligt sind. Hierzu ist festzustellen, dass Grundstückseigentümer im Fahnenbereich in der Mehrzahl der untersuchten Vorhaben nicht in das MNA-Konzept eingebunden waren. So konnte z.B. nicht immer ausgeschlossen werden, dass im Bereich von Schadstofffahnen Grundwassernutzungen (z.B. Gartenbrunnen) gegeben waren. Grundsätzlich erscheint es daher sinnvoll, im Rahmen der Erstellung von MNA-Konzepten erforderliche Einschränkungen und Maßnahmen im Fahnenbereich zu definieren, gegenüber Dritten zu kommunizieren und ggf. in geeigneter Form (z.B. Allgemeinverfügung) festzusetzen.
- Soweit Dritte von Maßnahmen und Einschränkungen betroffen sind oder sich die Schadstofffahne unter deren Grundstück erstreckt, kann dies Eingriffe in deren Vermögensverhältnisse bewirken, die ggf. zu Schadensersatzforderungen führen können.

## 6.4 Umgang mit der Schadstoffquelle und aktive Maßnahmen

Die Anforderungen an den Umgang mit der Schadstoffquelle sind in Abschnitt 4.2 des LABO-PoP /3/ geregelt. Als wesentliche Punkte sind hervorzuheben:

- **Anforderung an die Charakterisierung der Schadstoffquelle:** *„Damit setzt die Durchführung von MNA grundsätzlich eine Charakterisierung der Schadstoffquelle voraus, sofern diese nicht vollständig dekontaminiert oder gesichert wird. Die Charakterisierung sollte insbesondere Aussagen zum Schadstoffinventar (Art, Verteilung und Menge der Schadstoffe im Untergrund) und zum Austragsverhalten (Masse/Zeit) enthalten.“*
- **Grundsätzliche Anforderung an den Umgang mit der Schadstoffquelle:** *„Für ein MNA-Konzept ist es i. d. R. notwendig, die Schadstoffmenge in und/oder den Austrag der Schadstoffe aus der Quelle durch Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren (Quellensanierung). Damit sollen Gefahren für das bisher unbelastete Grundwasser oder für weitere Schutzgüter abgewendet werden und/oder der Zeitraum der Existenz des Grundwasserschadens maßgeblich verkürzt werden.“*
- **Grundsätzliche Anforderung für den Fall des Verzichts auf eine Quellensanierung:** *„Für den Fall, dass **keine** Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen, ist die Frage, wie die Quelle emittieren wird, von entscheiden-*

der Bedeutung. Dazu sind insbesondere folgende Informationen über die Schadstoffquelle erforderlich:

- *Lage und Ausdehnung*
- *Vorhandene Schadstoffmasse*
- *Zustand der Schadstoffe (gelöst, fixiert, residual, mobil)*
- *Austragsrate (Masse/Zeit)*

Zu den vorstehenden Punkten konnten an den untersuchten Standorten die nachfolgend aufgeführten Feststellungen getroffen werden.

#### **6.4.1 Charakterisierung der Schadstoffquelle**

Hinsichtlich der Charakterisierung der Schadstoffquelle ist bei den untersuchten Vorhaben festzustellen, dass diese von der Untersuchung von Altlastenvorhaben, bei denen MNA nicht zur Anwendung kommt, nicht systematisch und wesentlich abweicht. Gerade im Vorfeld geplanter Dekontaminationsmaßnahmen ist in der Praxis häufig eine besonders sorgfältige Abgrenzung der Quelle erforderlich und Stand der Technik. Diese vergleichende Bewertung ist nicht durch die systematische Untersuchung eines Vergleichskollektivs „Vorhaben ohne MNA“ im Rahmen der beschriebenen Studie gestützt.

Eine gezielte Ermittlung der Quellstärke im Hinblick auf MNA oder als Voraussetzung für die Akzeptanz eines MNA-Konzeptes war bei keinem Vorhaben ersichtlich.

Bei insgesamt sechs Vorhaben (P17, P35, P48, P53, P66, P93) war der Versuch einer Abschätzung der Quellstärke aus den gesichteten Unterlagen zumindest im Ansatz erkennbar. Eine valide Nachvollziehbarkeit insbesondere der Reduktion der Quellstärke durch eine ISCO-Maßnahme war dabei lediglich im Vorhaben P66 erkennbar. Bei den anderen fünf Vorhaben kann allenfalls von einer groben Abschätzung der Quellstärke ausgegangen werden.

Rechnerische Ansätze zur Charakterisierung der Quellstärke, beispielsweise durch Auflösung des Betrachtungsgebiets in Polygone bzw. Polyeder oder durch eine dreidimensionale Inter- und Extrapolation der Schadstoffverteilung wurden in keinem der untersuchten Vorhaben vorgenommen.

Gegenüber der Charakterisierung der Quellstärke nahm die Untersuchung der Grundwasserbelastungen am Standort und in der Fahne bei den untersuchten Vorhaben naturgemäß wesentlich mehr Raum ein.

Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass eine belastbare Quantifizierung des Potentials der Quellen von Grundwasserbelastungen überwiegend nicht gegeben ist.

Demgegenüber ist die Kenntnis des Emissionsverhaltens der Schadstoffquellen zumindest bei einem Teil der Vorhaben besser bekannt. Im Regelfall wurde diese über die Emission im Grundwasser ermittelt. Die gesonderte Bilanzierung der Schadstoffeinträge aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser über Sickerwasser erfolgte im Regelfall nicht, so dass die Sickerwasserprognose bei der Charakterisierung der Schadstoffquellen keine große Rolle spielte. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass an keinem Standort die Quelle oder deren Reste ausschließlich in der ungesättigten Zone vorlagen.

#### **6.4.2 Charakterisierung der Schadstoffquelle bei fehlender Quellensanierung**

Bei den untersuchten Vorhaben ohne gezielte Maßnahmen zur Quellensanierung wurden keine systematisch weitergehenden Ansprüche an die Charakterisierung der Schadstoffquelle festgestellt.

#### **6.4.3 Maßnahmen der Quellensanierung**

##### **6.4.3.1 Durchgeführte Maßnahmen**

Grundsätzlich stellen nach § 4 Abs. 3 BBodSchG die Dekontamination und die Sicherung gleichwertige Verfahren zur Sanierung von Altlasten dar. Ein weitergehender Anspruch an den Umgang mit der Quelle lässt sich aus dem LABO-PoP /3/ nicht ableiten: die Schadstoffmenge in und/oder der Austrag der Schadstoffe aus der Quelle ist durch Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren (Quellensanierung).

Eine eindeutige Abgrenzung zwischen den Begriffen „Dekontamination“ und „Sicherung“ ist häufig nicht möglich. So kann beispielsweise Pump-and-Treat, je nach Verhältnis zwischen Quellstärke und entzogener Fracht, als Dekontaminations- oder als Sicherungsverfahren eingestuft werden. Die nachfolgenden Abbildungen geben ei-

nen Überblick über die an den untersuchten Standorten vorgenommenen Sanierungsmaßnahmen. Einen Überblick über die an den einzelnen Standorten vor dem Beginn von MNA durchgeführten Dekontaminationsmaßnahmen gibt Abbildung 6-3. Die vor oder während des laufenden MNA an den einzelnen Standorten vorgenommenen Sicherungsmaßnahmen sind aus Abbildung 6-4 ersichtlich.

		Dekontaminationsmaßnahmen vor MNA							
		durch Bodenaustausch	durch hydraulische Maßnahmen	über die Bodenluft	durch Bergung von Phasen	durch chemische Maßnahmen	durch mikrobiologische Verfahren	sonstiges	keine gezielte Dekontamination des Bodens oder Grundwassers
Standorte	P01								
	P02								
	P03								
	P07								
	P13								
	P17								
	P20								
	P25								
	P33								
	P35								
	P36								
	P37								
	P42								
	P48								
	P49								
	P53								
	P56								
	P58								
	P66								
	P67								
P72									
P76									
P83									
P93									

Abbildung 6-3: Dekontaminationsmaßnahmen vor MNA

		Sicherungsmaßnahmen						
		durch hydraulische Maßnahmen	durch Versiegelung	durch vertikale Dichtelemente	durch Immobilisierung	sonstiges	Bodenluftabsaugung	keine Sicherungsmaßnahmen
<b>Standorte</b>	P01							
	P02							
	P03							
	P07							
	P13							
	P17							
	P20							
	P25							
	P33							
	P35							
	P36							
	P37							
	P42							
	P48							
	P49							
	P53							
	P56							
	P58							
	P66							
	P67							
P72								
P76								
P83								
P93								

Abbildung 6-4: Durchgeführte Sicherungsmaßnahmen

### 6.4.3.2 Festgestellte Effekte der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

In der Praxis sind der vollständigen Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen durch Dekontamination Grenzen gesetzt. Häufig sind nicht alle Kontaminationsbereiche vollständig zugänglich oder sie reichen bis in sehr große Tiefen. Zudem kann die Differenzierung in die Bereiche „Schadstoffquelle“, „Sekundärquelle“ (beispielsweise durch Verlagerung von Phasen) und „Schadstofffahne“ schwierig



sein. Dies trifft insbesondere auf große und komplexe Schadensfälle sowie bei schwierigen (hydro)geologischen Verhältnissen zu. Diese Voraussetzungen sind insbesondere bei Schadensfällen, für die MNA als Maßnahme erwogen wird, überdurchschnittlich häufig gegeben, da MNA bei „kleinen“ Schadensfällen als Strategie zu aufwendig ist oder überwiegend als nicht erforderlich erachtet wird.

Die Begrifflichkeit „Quellensanierung überwiegend erreicht“ bedeutet daher bezüglich der Dekontamination von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen in diesem Bericht, dass die Quelle insoweit entfernt ist, dass die Schadstoffnachlieferung in die Fahne verringert ist und die restliche Quellstärke einen Rückgang der Schadstoffemission in überschaubaren Zeiträumen erwarten lässt.

Soweit die Entfernung der Schadstoffquelle als „teilweise erreicht“ eingestuft wird, sind zwar in erheblichem Umfang Schadstoffe entfernt oder chemisch transformiert worden. Es ist jedoch nach wie vor ein erhebliches Schadstoffpotential vorhanden. Die Emission von Schadstoffen ist durch die Dekontamination noch nicht signifikant reduziert und / oder ein Abklingen der Schadstoffemission ist noch über einen unbestimmten Zeitraum zu erwarten.

Die Bewertung „Quellensanierung nicht erreicht“ (oder vorgenommen) wurde dann angenommen, wenn die Schadstoffquelle nur zu einem geringen Teil entfernt (oder nur untergeordnet gesichert) wurde.

Wie vorstehend erwähnt, wurde die Quellstärke in der überwiegenden Zahl der Fälle nicht oder nur über grobe Abschätzungen ermittelt, so dass eine Quantifizierung von Sanierungsmaßnahmen nur bei einem Vorhaben möglich war. Eine Differenzierung in die Kategorien „Quellensanierung überwiegend, teilweise oder nicht erreicht“ musste daher zwangsläufig als Abschätzung vorgenommen werden.

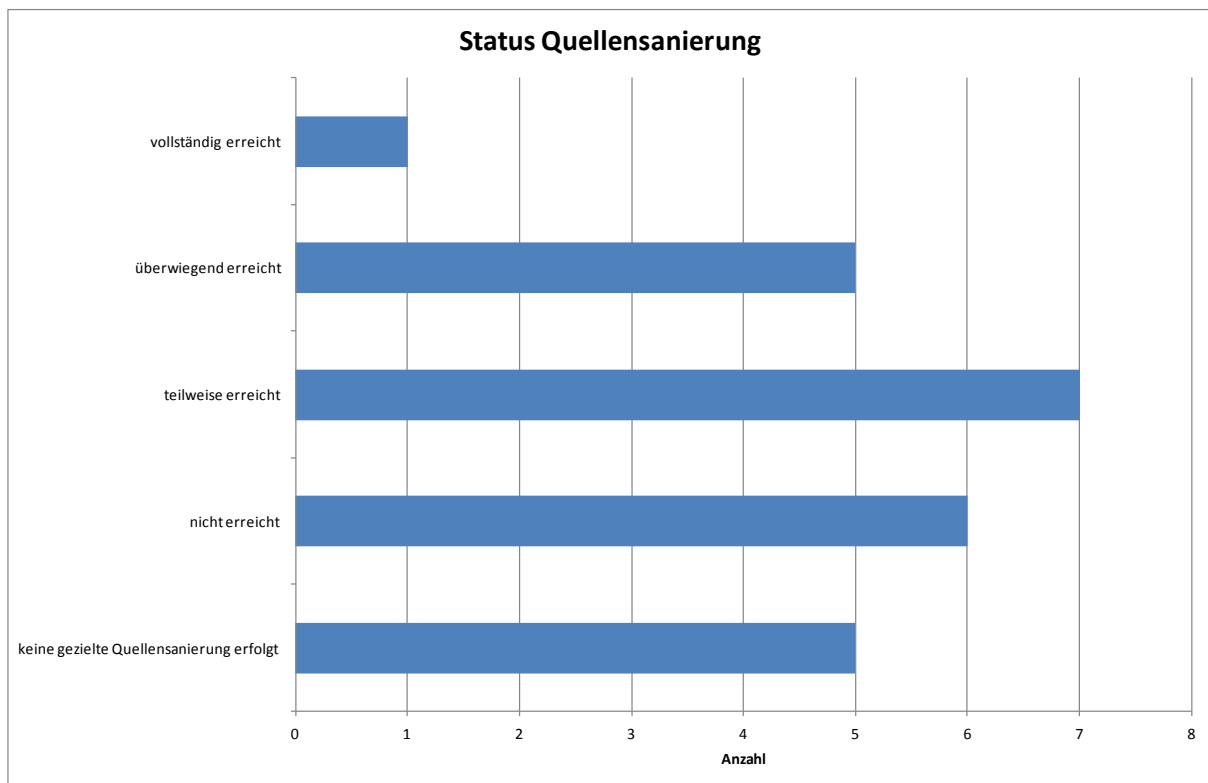


Abbildung 6-5: Status Quellensanierung

Von vierundzwanzig untersuchten Standorten kann in einem Vorhaben (P67) die Quelle dahingehend als vollständig saniert angesehen werden, dass keine Nachlieferung von Schadstoffen aus der Quelle in den im Rahmen von MNA betrachteten Fahnenbereich erfolgt (Abbildung 6-5). Erreicht wurde dies jedoch nicht durch die vollständige Entfernung der Schadstoffquelle sondern durch deren hydraulische Abschirmung.

In fünf Fällen wurde die Schadstoffquelle überwiegend saniert (primär durch Dekontamination). Unterstützend kamen teilweise weitergehende Maßnahmen zum Einsatz.

Eine teilweise Quellensanierung durch Dekontamination und / oder Sicherungsmaßnahmen wurde an insgesamt sieben Standorten festgestellt.

Keine bzw. keine zielgerichteten Sanierungsmaßnahmen oder Maßnahmen, die zu keiner signifikanten Reduktion von Quellstärke und Schadstoffemission führten, sind bei den restlichen elf Vorhaben anzunehmen.

Im Einzelnen stellen sich die Effekte der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen wie folgt dar:

#### **Vorhaben mit vollständiger Quellensanierung durch hydraulische Sicherung**

- Im Vorhaben P67 wurde die Quelle teilweise durch Pump-and-Treat und Bodenluftabsaugung saniert. Zudem sind im Fahnenverlauf zwei weitere Brunnengalerien vorhanden, die eine hydraulische Sicherung darstellen und eine Schadstoffnachlieferung in den weiteren Fahnenverlauf unterbinden. MNA bezieht sich in diesem Vorhaben nur auf die Fahnen spitze abstromig der letzten Brunnengalerie. Bezogen auf den MNA-Bereich kann daher in diesem Fall als einzigem Vorhaben der Studie die Schadstoffquelle als vollständig saniert angesehen werden.

#### **Vorhaben mit überwiegender Entfernung der Schadstoffquelle:**

- Im Vorhaben P37 sind Restverunreinigungen randlich unter der anschließenden Grenzbebauung sowie in einem Teilbereich der Fahne, wo sich während der Sanierung mobilisierte Schadstoffe angereichert haben, vorhanden. Eine vollständige hydraulische Abschirmung des Sanierungsbereichs konnte nicht rechtzeitig realisiert werden, da sich Grundstückseigentümer der Installation von Abwehrbrunnen mit juristischen Schritten widersetzen. In diesem Vorhaben wird MNA nur in einem Teilbereich der Fahne umgesetzt; in den restlichen Bereichen findet nach wie vor eine Grundwassersicherung durch Pump-and-Treat statt.
- Restbelastungen verblieben im Vorhaben P35 im Übergangsbereich zum Festgestein zur Tiefe hin.
- Eine weitgehende Entfernung der Schadstoffquelle durch Bodenaustausch, den Rückbau von Gebäuden und Anlagen sowie durch Pump-and-Treat mit Phasenabschöpfung wurde im Vorhaben P49 erreicht.
- Im Vorhaben P66 wurde zunächst über einen längeren Zeitraum der mikrobiologische Schadstoffabbau gezielt stimuliert. Später erfolgte parallel eine Sanierung der Bodenluft. Als Voraussetzung für die Beobachtung der Schadstofffahne im Rahmen von MNA erfolgte nach engräumiger Eingrenzung der Restbelastungen eine Reduktion des noch vorhandenen Schadstoffpotentials um ca. 85% mittels ISCO. Diese Reduktion musste nach erfolgter Sanierung durch Beweissicherungsbohrungen nachgewiesen werden.

- Am Standort des Vorhabens P93 wurden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen durch Ausbau von Erdtanks und –leitungen sowie Bodenaustausch vorgenommen. Bei der Rückverfüllung der Sanierungsbereiche wurden gezielt gut durchlässige Kiesfenster eingebaut, die eine Zuführung sauerstoffhaltigen Niederschlagswassers zum Grundwasser begünstigen.

### **Vorhaben mit teilweiser Sanierung der Schadstoffquelle**

- Im Vorhaben P02 wurden eine Teergrube sowie erdverlegte Teeröleleitungen ausgebaut. Kontaminierte Böden im Umfeld dieser Einbauten wurden ausgetauscht. In welchem Umfang hiermit eine Sanierung der Schadstoffquelle erreicht wurde, kann nicht beurteilt werden.
- Bei der Altablagerung im Vorhaben P03 wird belastetes Sickerwasser über ein Drainagesystem aufgefangen und der Kanalisation zugeführt. Der damit erfasste Anteil wird auf etwa 35% der im Umfeld der Deponie anfallenden Gesamtsickerwassermenge abgeschätzt.
- Die Sanierung im Vorhaben P25 erfolgte durch den Ausbau von 600 Erdtanks und der zugehörigen Rohrleitungssysteme. Im Umfeld der Tanks sowie im Bereich bekannter Umschlagsflächen erfolgte ein Austausch belasteter Böden.
- Im Vorhaben P36 wurden im Eintragsgrundstück belastete Böden ausgetauscht. Mittels Pump-and-Treat wurden relevante Schadstofffrachten entfernt und die Nachlieferung von Schadstoffen in die Fahne verringert. Aus der ungesättigten Bodenzone wurden Schadstoffe mittels Bodenluftabsaugung entfernt. Im medialen Fahnenbereich wurde eine Biobarriere errichtet.
- Primär durch Bodenaustausch erfolgte die Sanierung im Vorhaben P58. Das Abpumpen von auf dem Grundwasser aufschwimmenden Leichtphasen erwies sich als nicht effektiv und wurde daher nicht weiter verfolgt.
- In zwei weiteren Vorhaben (P42 und P53) erfolgte eine Teildekontamination durch das Bergen von Schwerphasen (Teeröl), wobei erhebliche Schadstoffpotentiale in Form residualer Sättigung im Aquifer sowie in der ungesättigten Bodenzone verblieben sind. In einem dieser Vorhaben (P42) wird in der Abstromfahne der Schadstoffabbau durch Einblasen von Luft (Biosparging) stimuliert.

## Vorhaben ohne Erreichung der Quellensanierung

Bei den Vorhaben dieser Kategorie wurden zwar Maßnahmen zur Verringerung der Quellstärke oder der Emission aus der Quelle ergriffen. Insgesamt haben die vorgenommenen Maßnahmen allerdings weder eine signifikante Verringerung der Quellstärke noch der Schadstoffemission bewirkt.

- Die im Vorhaben P13 temporär betriebene Bodenluftabsaugung erwies sich nach kurzer Zeit als nicht effektiv und wurde daher abgebrochen.
- Im Vorhaben P17 wird seit Jahren eine hydraulische Abwehrmaßnahme im Schadenszentrum betrieben, die jedoch keine signifikante Wirkung auf die Schadstofffahne zeigt und hinsichtlich der Quellstärke keinen nennenswerten Beitrag zur Schadstoffentfrachtung leistet.
- Eine Sanierung durch das Bergen von mit Schadstoffphasen gefüllten Gebinden sowie die Versiegelung von Teilflächen wurde im Vorhaben P48 vorgenommen. Diese Maßnahmen sind gegenüber dem Gesamtschadstoffpotential sowie der sehr hohen Schadstoffemission jedoch von untergeordneter Wirkung.
- Primär durch den Rückbau von Betriebsanlagen und der Instandsetzung von Abwasserkanälen wurden im Vorhaben P72 Maßnahmen vorgenommen. Daneben wurden Teilflächen versiegelt und hinsichtlich des Wirkungspfads Boden-Mensch belasteter Boden ausgetauscht. Eine signifikante Verringerung der Quellstärke und der Schadstoffemission aus der Quelle wurde hierdurch nicht erreicht.
- Im Vorhaben P76 wird der MNA-Bereich in hohem Maß durch eine in der Nähe befindliche Brauchwassernutzung dahingehend beeinflusst, dass sich die natürliche Grundwasserfließrichtung so ändert, dass dem MNA-Bereich sauerstoffhaltiges Wasser aus dem nahe liegenden Vorfluter zuströmt. Diese Maßnahme ist jedoch nicht als aktive Sanierungsmaßnahme zu verstehen. Aufgrund einer Beeinträchtigung der Gebäude am Standort wurde zudem temporär eine Bodenluftabsaugung betrieben.
- Im Vorhaben P83 wurde der Zutritt von Sickerwasser in Teilbereichen durch Oberflächenversiegelungen verhindert. Zudem wurden in Teilbereichen Sicherungsmaßnahmen ergriffen, die das Eindringen von Schadstoffen in ein Oberflächengewässer verhindern sollen. Die Wirkung dieser Maßnahmen wird als noch nicht ausreichend eingestuft.

## Vorhaben ohne gezielte Quellensanierung

Bei den Vorhaben P01, P07, P20, P33 und P56 wurden keine gezielten Maßnahmen zur Quellensanierung vorgenommen. Eine geringfügige Schadstoffentfrachtung war teilweise durch den Rückbau von Anlagen, die Baureifmachung des Geländes, Bau-maßnahmen oder Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch gegeben. Zudem erfolgten im Zuge der Nachfolgenutzung teilweise Flächen-Versiegelungen.

### 6.4.4 Gründe für den Umgang mit der Schadstoffquelle

Gegen weitergehende Sanierungsmaßnahmen wurden primär die nachfolgend angeführten Gründe benannt. Die Reihenfolge der Gründe ist dabei nicht als Wertung oder Gewichtung zu verstehen.

#### Generell

- **Notwendigkeit, Erfordernis, Verhältnismäßigkeit:** Als überwiegendes Argument gegen weitergehende Sanierungsmaßnahmen wurde angeführt, dass diese als nicht „erforderlich“ oder nicht „verhältnismäßig“ einzustufen seien. Diesbezüglich sei auf Abschnitt 6.10 verwiesen.
- **Konsensuales Handeln:** In mehreren Vorhaben war es das Bestreben der Behörde, die Maßnahmen im Konsens mit dem herangezogenen Pflichtigen festzulegen. Die zugrundeliegende Motivation hierfür war unterschiedlich:
  - Weitergehende Forderungen der Behörden wären ohne langwierige Rechtsstreitigkeiten (ggf. mit unsicherem Ausgang) nicht durchsetzbar gewesen.
  - Seitens der Behörde wurden über viele Jahre diverse Maßnahmen mit hohen Aufwendungen inhaltlich mitgetragen. So wurde es beispielsweise in einem Vorhaben, in welchem über Jahre mit Akzeptanz der Behörde eine In-situ-Sanierung erfolgte, als nicht vertretbar angesehen, noch eine vollständige Dekontamination der Restbelastung zu fordern.
  - Verursacherfragen: In einigen Vorhaben wurde aufgrund nicht vollständig belegbarer Zuordnung der Handlungsstörschaft ein Konsens angestrebt. Insbesondere wurde dabei in zwei Vorhaben auf Kriegseinwirkungen abgestellt.

- Nicht bodenschutzrechtlich geregelte Belastung: Von zwei Standorten (P03 und P56) gehen Belastungen des Grundwassers mit Schadstoffen aus, die boden- und wasserschutzrechtlich nicht geregelt sind. Im Fall des Vorhabens P56 wird daher auch ein konsensuales Handeln angestrebt, da die gerichtliche Durchsetzbarkeit weitergehender Forderungen angezweifelt wird.

### Dekontamination

- **Zugänglichkeit:** An diversen Standorten befindet sich die Schadstoffquelle unter baulichen Anlagen (Gebäuden, Verkehrsstrassen wie Straßen und Schienen, Produktionsanlagen etc.). Soweit dies der Fall war, wurden Dekontaminationsmaßnahmen im Regelfall von einer weiteren Betrachtung ausgeschlossen.
- **Aufwand und Kosten:** Unabhängig von der Fragestellung des Erfordernisses einer Quellensanierung wird an einigen Standorten (insbesondere im Fall mehrerer Altablagerungen) eine Dekontamination der Quelle als nicht leistbar angesehen.
- **Sekundärquellen:** Insbesondere an Standorten mit Sekundärquellen, die durch die Verlagerung von Schwer- oder Leichtphasen verursacht wurden, ist eine Quellensanierung durch Dekontamination mittels Bodenaustausch als schwierig umsetzbar einzustufen.
- **Phasenbergung:** Bei mehreren Vorhaben wurde festgestellt, dass die Möglichkeiten der Dekontamination durch das Bergen von Schadstoffphasen begrenzt sind (was allerdings weder Spezifikum der untersuchten Vorhaben noch eine neue Erkenntnis darstellt):
  - Die Nachlieferung von Phasen ist häufig sehr schleppend und ineffizient.
  - Eine Dekontamination ist im Idealfall nur bis zur Residualsättigung des Bodens möglich. (Angemerkt sei an dieser Stelle, dass residual gesättigte Böden eine deutlich höhere Schadstofffreisetzungsrates als geschlossene Phasenkörper aufweisen können).

### Sicherung

- **Notwendigkeit:** Aus technischer Sicht wäre bei der überwiegenden Anzahl der untersuchten Standorte eine hydraulische Abstromsicherung realisierbar. Betrieben wird eine derartige Sicherungsmaßnahme an drei Standorten, an

einem weiteren wird Sickerwasser dem Abwasserkanal zugeführt. An der überwiegenden Zahl der Standorte erfolgt keine Sicherung des abströmenden Grundwassers. Die Gründe hierfür sind überwiegend im Argumentationskreis der Begriffe „Erforderlichkeit“ und „Verhältnismäßigkeit“ zu suchen (Abschnitt 6.10.2). Als Bezugsgröße stehen hier insbesondere drei Fakten bzw. Größen im Vordergrund:

- Immissionsaspekte: Als wichtige Entscheidungsgröße wird regelmäßig angesehen, inwieweit belastetes Grundwasser an einem Schutzgut (beispielweise einem Vorfluter) ankommt. So dies nicht der Fall ist, wird die Sanierungsnotwendigkeit geringer oder als nicht gegeben bewertet, auch wenn Grundwasser als eigenständiges Schutzgut schadstoffbelastet ist.
- Nutzungsaspekte: Als Sonderfall des Immissionsaspektes wurde häufig eine nicht vorhandene Nutzung des Grundwassers angeführt. Sinngemäß wurde dabei ausgeführt, eine Sanierungsnotwendigkeit sei nicht gegeben, da das Grundwasser ohnehin nicht genutzt würde.
- Zustand der Schadstofffahne: Insbesondere beim Vorliegen einer quasi-stationären Fahnenausbildung wurde diese in Verbindung mit den vorstehenden Ausführungen häufig als tolerabel eingestuft. Hier wurde typisch ausgeführt, die Fahne sei mit einer definierten Länge quasi-stationär ausgebildet, eine Grundwassernutzung erfolge in diesem Bereich nicht. Dies sei daher als akzeptabel einzustufen, weitergehende Forderungen seien somit unverhältnismäßig.
- Aufwand und Kosten: Auch hydraulische Sicherungsmaßnahmen wurden an einigen Standorten als technisch zu aufwendig und damit nicht leistbar eingestuft.

#### **6.4.5 Fazit zum Umgang mit der Schadstoffquelle**

Insgesamt muss nach Auswertung der vierundzwanzig untersuchten MNA-Vorhaben zum Umgang mit der Quelle festgehalten werden:

- Bezüglich der räumlichen Eingrenzung der Schadstoffquelle und der Charakterisierung von deren Quellenstärke ist kein signifikanter und systematischer Unterschied zu Altlastenvorhaben, die MNA nicht als Maßnahme vorsehen, zu erkennen.



- Nachvollziehbare Berechnungen zur Quellstärke unter Berücksichtigung der räumlichen Repräsentanz von Analyseergebnissen waren nicht oder nur in Ansätzen erkennbar.
- Gegenüber der Charakterisierung der Schadstoffquelle ist die Erkenntnislage zur Grundwasserbelastung und damit zur Schadstoffemission aus der Quelle als deutlich besser einzustufen.
- In den Vorhaben, bei welchen keine gezielte Quellensanierung vorgesehen wurde, ist gegenüber den vorstehenden Ausführungen keine weitergehende Charakterisierung der Quelle erkennbar.
- Bei etwa der Hälfte der untersuchten Vorhaben ist keine gezielte Quellensanierung erkennbar oder erfolgt, bei einem weiteren Viertel ist die Quelle als nur teilweise saniert einzustufen.
- Lediglich bei etwa einem Viertel der untersuchten Standorte kann von einer weitgehenden und nur bei einem Standort von einer vollständigen Quellensanierung ausgegangen werden.

Hinsichtlich der gemäß LABO-PoP /3/ grundsätzlich zu präferierenden Quellensanierung als Voraussetzung für MNA ist damit festzuhalten, dass diese in der Praxis überwiegend nicht oder nur teilweise erfolgt. Zu bedenken ist in diesem Kontext, dass die Kombination von Quellensanierung und MNA aufgrund hoher Kosten häufig als nicht „verhältnismäßig“ angesehen wird. Zudem wird die relativ intensive Kontrolle der Grundwassersituation im Rahmen von MNA als ausreichende Alternative zur Quellensanierung betrachtet.

Ursächlich für diese Entscheidung dürfte nach Einschätzung auf Basis der vorgenommenen Gespräche eine überwiegend immissionsorientierte Bewertung der Schadensfälle durch die Beteiligten sein. Grundwasser als eigenständiges Schutzgut rückt bei dieser Betrachtung in den Hintergrund, insbesondere wenn die Fahnenlängen im Sinne von Reaktionsräumen als quasi-stationär und begrenzt und somit als tolerabel eingestuft werden.

## 6.5 Nachweis, Verständnis und Quantifizierung der Minderungsprozesse

Der folgende Abschnitt beschreibt die an den untersuchten Vorhaben durchgeführten Untersuchungen zum Nachweis und Verständnis schadstoffmindernder Prozesse im Zuge der Aufstellung der MNA-Konzepte.

Die grundsätzlichen Anforderungen an diese Untersuchungen sind im LABO-PoP /3/ in Abschnitt 4.3.2 wie folgt zusammengefasst:

- *„Für ein MNA-Konzept sind zunächst die frachtreduzierenden von den verdünnenden Prozessen zu unterscheiden; beide sollten anschließend quantifiziert werden. Die Untersuchung sollte nachweisen, dass die Frachtreduktion den maßgeblichen Anteil an der Schadstoffminderung ausmacht. Die Bestimmung der relevanten Einzelprozesse ist Voraussetzung für die anschließende Prognose des Fahnenverhaltens.“*

Generell war festzustellen, dass Art und Umfang der Nachweisführung überwiegend von dem jeweiligen Planer oder Gutachter bestimmt wurden. Konkrete behördliche Vorgaben spielen diesbezüglich kaum eine Rolle.

Vorauszuschicken sind diesem Abschnitt noch folgende Anmerkungen:

- Die festgestellten Rückhalteprozesse beruhten in allen Vorhaben auf dem mikrobiologischen Abbau von überwiegend organischen Schadstoffen und waren somit irreversibel.
- Die Sorption von Schadstoffen an der Feststoffmatrix wurde in einzelnen Vorhaben zwar berücksichtigt. Allerdings wurde Sorption dabei weitgehend nicht als reversibler Rückhalteprozess, sondern lediglich als Retardierung der Schadstoffausbreitung in Transportmodellen betrachtet.

### 6.5.1 Eingesetzte Verfahren

Art und Umfang der eingesetzten Verfahren hinsichtlich der Untersuchung von Schadstoffminderungsprozessen unterschieden sich an den Standorten erheblich.

Einen Überblick über die an den einzelnen Standorten eingesetzten Nachweisverfahren gibt Abbildung 6-6.

		Eingesetzte Nachweisverfahren													
		chemisch-analytisch	sequenzielle Extraktion	Keimzahlscreeing	Leuchtbakterienhemmtest	Mikrokosmenversuche aerob	Mikrokosmenversuche anaerob	Isotopenfraktionierung	Isotopenmarkierte Schadstoffe	Bactraps	Respirationstest	vor-Ort-Messungen	Daphnientest	sonstige	
<b>Standorte</b>	P01														
	P02														
	P03														
	P07														
	P13														
	P17														
	P20														
	P25														
	P33														
	P35														
	P36														
	P37														
	P42														
	P48														
	P49														
	P53														
	P56														
	P58														
	P66														
	P67														
P72															
P76															
P83															
P93															

Abbildung 6-6: Eingesetzte Nachweisverfahren

Folgende Verfahren und Methoden kamen zum Einsatz:

- Chemisch-analytische Untersuchungen:
  - Originäre Schadstoffe: 24 Vorhaben
  - Redoxsensitive Parameter: 23 Vorhaben
  - Abbauprodukte / Metaboliten: 16 Vorhaben
  - Chemische Screeninguntersuchungen: 1 Vorhaben
  - Bestimmung Elektronenakzeptorenkapazität: 1 Vorhaben

- Bestimmung Säurekapazität zur Abschätzung der Kohlendioxidbildung:  
1 Vorhaben
- Vor-Ort-Messungen:
  - O<sub>2</sub>-Gehalt, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotential im Grundwasser: 24 Vorhaben (davon 1 Vorhaben mit tiefenzonierter Messung)
  - Flowmetermessungen: 5 Vorhaben
  - Bestimmung Redoxzonierung (Sammelbänder): 3 Vorhaben
  - MIP-Sondierungen: 2 Vorhaben
  - Kontinuierliche Messung Nitrat und Ammonium: 1 Vorhaben
  - Bestimmung Strömungsrichtung (Phrealog): 1 Vorhaben
- Mikrokosmenversuche: 10 Vorhaben
- Isotopenuntersuchungen: 10 Vorhaben
- Keimzahlscreening: 9 Vorhaben
- Toxizitätstests: 6 Vorhaben

### 6.5.2 Untersuchte Kompartimente und Proben

In allen 24 Vorhaben fokussierten sich die eingesetzten Verfahren auf Grundwasserproben. Diese wurden entweder direkt laboranalytisch untersucht oder kamen als Laborproben für Abbauversuche zum Einsatz. Neben diesen gezielten Untersuchungen zu MNA konnte in allen Vorhaben auf im Regelfall langjährige Untersuchungsergebnisse des Grundwassers zurückgegriffen werden.

Ergebnisse zu Schadstoffgehalten in Bodenproben lagen an allen Standorten unabhängig von MNA aus der konventionellen Untersuchung der Standorte vor. Bei (teil)dekontaminierten Standorten lagen zudem teilweise Beweissicherungsproben vor, die im Nachgang der aktiven Sanierung gewonnen wurde. Demgegenüber spielte die gezielte Untersuchung von Bodenproben im Hinblick auf MNA eine untergeordnete Rolle (drei Vorhaben). Fragestellungen waren hier in jeweils einem Vorhaben die Bestimmung

- der Sorptionskapazitäten,

- des biologischen Schadstoffabbaus und
- der Schadstoffumsetzung im Rahmen einer ISCO-Maßnahme.

Die Untersuchung der chemischen Schadstoffumsetzung mittels ISCO stand dabei in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der Erstellung des MNA-Konzeptes.

Untersuchungen der Bodenluft spielten bei den untersuchten Vorhaben im Hinblick auf den Nachweis und die Quantifizierung von Schadstoffminderungsprozessen keine Rolle.

### **6.5.3 Hydraulische Modellierung und Transportmodelle**

Bei 16 Vorhaben wurden hydraulische Modelle zur Berechnung der Grundwasserströmungen entwickelt. Im Wesentlichen dienten diese

- der Abschätzung zu erwartender Fahnenachsen,
- der Bestimmung des Grundwasserzustroms zur Altlast und
- der Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeiten.

Die ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten wurden in Verbindung mit ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser teilweise zur Abschätzung von Schadstofffrachten herangezogen. Zudem wurden sie teilweise in erster Näherung als rein advektiver Term unter Vernachlässigung longitudinaler Dispersion als Ausbreitungsgeschwindigkeit idealer Tracer betrachtet. Hieraus war eine erste grobe Abschätzung theoretischer Fahnenlängen ohne Berücksichtigung von Minderungsprozessen möglich.

In elf Vorhaben wurde das hydraulische Grundwassermodell zu einem Stofftransportmodell erweitert. Dies ermöglichte, den Stofftransport und die Schadstoffausbreitung zunächst nur unter Berücksichtigung der Dispersion und im zweiten Schritt unter Berücksichtigung von Dispersion und von Sorption als Retardierungsprozess rechnerisch zu ermitteln. Durch Vergleich der tatsächlichen Fahnenausbreitung und -entwicklung mit den so ermittelten Rechenergebnissen können grundsätzliche Rückschlüsse auf das Vorhandensein von Abbauprozessen getroffen werden.

In Folgeschritten kann das Transportmodell iterativ durch Kalibration anhand der Monitoringergebnisse um Abbauterme erweitert werden.

#### **6.5.4 Nachweis der Minderungsprozesse**

In 16 Vorhaben wird seitens der Behörden und Gutachter das Prozessverständnis für die Schadstoffminderungsprozesse als gegeben, in den restlichen acht Vorhaben als zumindest teilweise bekannt angesehen. Der diesbezügliche Nachweis wird in 22 Vorhaben als vorliegend angesehen.

Sicherlich eine nicht unerhebliche Rolle spielte bei dieser Einschätzung, dass für unterschiedliche Schadstoffe aus diversen wissenschaftlichen Vorhaben und Publikationen Kenntnisse zu typischer Abbaukinetik bei unterschiedlichen Milieubedingungen vorliegen und diese Erkenntnisse in die Bewertung der Standortsituation einfließen. Zunächst sei hierzu angemerkt, dass ein derart empirisches Vorgehen grundsätzlich legitim ist. Eine objektive Bewertung, inwieweit darüber hinaus in den einzelnen Vorhaben der individuelle Nachweis der Minderungsprozesse für den Standort erfolgt ist, ist kaum möglich. Daher seien an dieser Stelle einige Einschätzungen zu dieser Thematik angeführt:

- Eine vollständige Bilanzierung von Schadstoffen, Reaktionspartnern und Umsetzungsprodukten ist aufgrund der Komplexität des Systems im Regelfall nicht möglich. Am besten war dies noch bezüglich der Untersuchung von Ammoniumbelastungen des Grundwassers möglich, da hier die unterschiedlichen Oxidationsstufen des Stickstoffs in relativ hohen und damit gut nachweisbaren Konzentrationen vorliegen und diese darüber hinaus ein Tracer-ähnliches Transportverhalten aufweisen.
- Ein Problem hinsichtlich einer Bilanzierung von Abbauvorgängen stellen die teils starken Konzentrationsunterschiede von Schadstoffen und sonstigen Wasserinhaltsstoffen (Ionen, Elektronenakzeptoren etc.), die sich im Bereich von mehreren Zehnerpotenzen abspielen können, dar. Gesicherte Bilanzierungen zu ablaufenden Reaktionen sind damit erschwert.
- Als signifikanter Indikator für den Abbau von Schadstoffen wurde in diversen Vorhaben die Verschiebung der anteiligen Konzentrationen von Schadstoffkongeneren im Fahnenverlauf gewertet.

- Bei der Anwendung von Isotopenuntersuchungen waren teilweise aufgrund relativ hoher Bestimmungsgrenzen keine gezielten Aussagen möglich.
- Bei Grundwasserverunreinigungen mit organischen Schadstoffen (PAK, NSO-Heterozyklen, BTEX, MKW, LCKW etc.) ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Belastungen durch unterschiedliche Kongenere und ggf. Metaboliten verursacht werden. Für ein derart komplexes Gemisch ist ein vollständiger Nachweis von Abbauvorgängen i.d.R. nicht leistbar. So erbrachte beispielsweise die Untersuchung von Grundwasserproben aus dem Zu- und Abstrom eines Standorts mittels Non-Target-Screening eine signifikante Zunahme nicht identifizierter Wasserinhaltsstoffe im Fahnenverlauf.
- An einem Standort verlief der Nachweis von schadstoffabbauenden Mikroorganismen mittels PCR (Polymerase Chain Reaction) negativ, Toxizitätstests ließen eine starke bis vollständige Hemmung von Abbauprozessen erwarten und aus Isotopenuntersuchungen war, soweit diese möglich waren, kein Schadstoffabbau erkennbar. Dennoch war an diesem Standort eine signifikante Schadstoffminderung feststellbar, die auf Basis einer Stofftransportmodellberechnung nur durch einen überwiegenden Abbau der Schadstoffe erklärbar war.

### **6.5.5 Frachtreduktion im Fahnenverlauf**

Eine Frachtreduzierung im Fahnenverlauf wurde etwa bei der Hälfte der Vorhaben (13 Fälle) nachgewiesen (vgl. Abbildung 6-7). In vier Fällen wurden hierzu u.a. Immissionspumpversuche durchgeführt. Grundsätzlich ist zu Frachtbetrachtungen festzustellen, dass diese insbesondere bei relativ niedrigen Konzentrationen nur mehr bedingt Rückschlüsse auf einen Schadstoffabbau zulassen, da dann Unschärfen der Bilanzierung durch labortechnisch bestimmte Nachweisgrenzen auftreten.

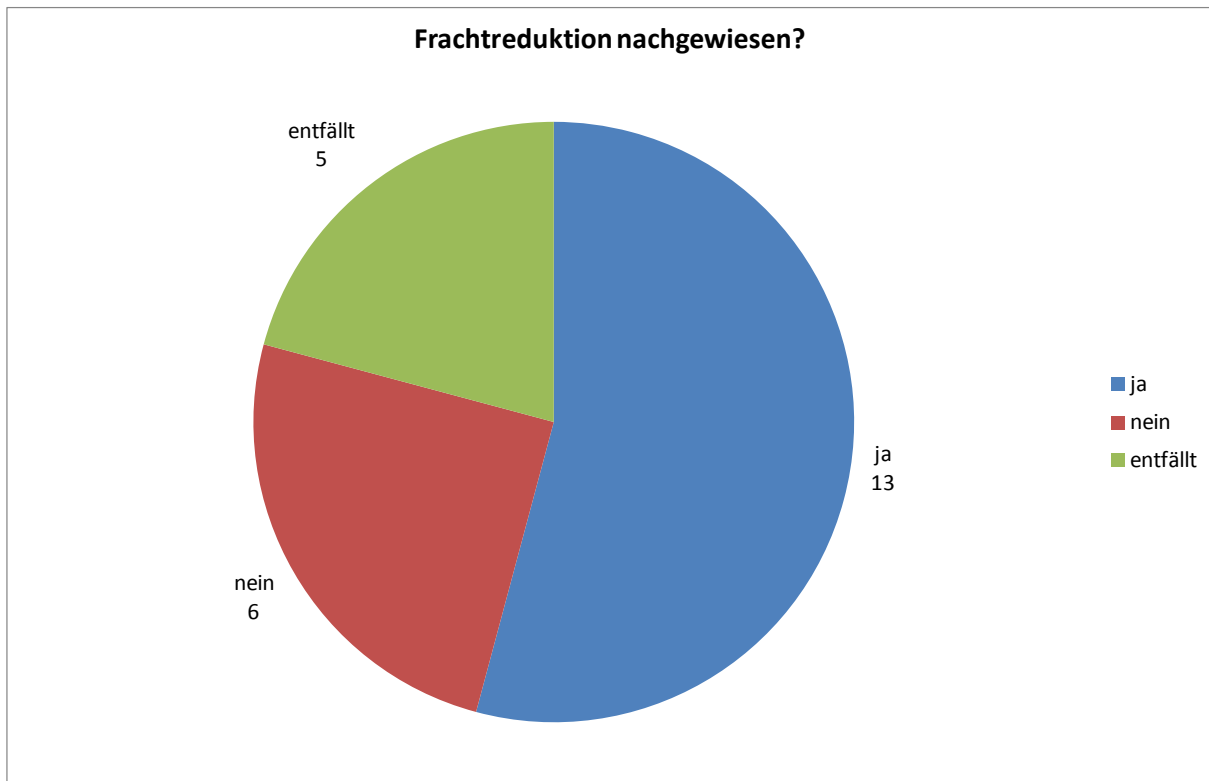


Abbildung 6-7: Nachweis der Frachtreduktion

### 6.5.6 Abgrenzung von Schadstoffabbau und –verdünnung

Eine wie in Abschnitt 4.3.2 LABO-PoP geforderte gesonderte Quantifizierung von Abbau- und Verdünnungseffekten stößt bei der praktischen Umsetzung auf Probleme, da der Anteil dieser Prozesse im Fahnenverlauf nicht konstant ist:

- Der Nachweis, dass eine festgestellte Schadstoffminderung nicht nur auf Verdünnungseffekte zurückzuführen ist als grundsätzliche Voraussetzung für die Anwendung von MNA, kann in der Praxis geführt werden, dies hat die Untersuchung gezeigt. Einerseits stehen hierfür laboranalytische Verfahren zur Verfügung. Andererseits hat sich in einigen Vorhaben gezeigt, dass bei ausreichender Datenlage durch Stofftransportmodelle plausibel und belastbar ein indirekter Nachweis geführt werden kann.
- Soweit ein Schadstoffabbau gegeben ist und im weiteren Fahnenverlauf ein diesbezüglich geeignetes Milieu vorherrscht, wird sich dieser im Grundwasserabstrom auch fortsetzen.



- Somit ist festzustellen, dass die Anteile des Abbaus und der Verdünnung an einer festgestellten Schadstoffminderung innerhalb der Fahne stark variieren und damit jeweils allenfalls für einen bestimmten Ort quantifizierbar sind.

Insgesamt muss auf Basis der untersuchten Vorhaben festgestellt werden, dass für die Bewertung und Quantifizierung der Minderungsprozesse Stofftransportmodelle bei ausreichender Datenbasis gut validierbare Ergebnisse liefern. Eine Quantifizierung der im Feld zu erwartenden Abbauprozesse, insbesondere auch der Abbaukinetik, auf Basis laboranalytischer Untersuchungen ist demgegenüber mit deutlichen Unsicherheiten behaftet.

### **6.5.7 Fazit zum Verständnis der Minderungsprozesse**

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Ein grundsätzlicher Nachweis von Schadstoffabbauprozessen und deren Abgrenzung zu reinen Verdünnungsprozessen ist in der Praxis machbar und Stand der Technik.
- Mit einbezogen werden dabei grundlegende Erkenntnisse, die an anderen Standorten und in wissenschaftlichen Vorhaben gewonnen wurden. Auf dieser Basis wird teilweise indirekt, beispielsweise aufgrund von Milieubedingungen, auf Abbauprozesse geschlossen.
- Eine Quantifizierung von Abbau und dessen Kinetik ist als schwierig einzustufen.
- Als sehr gut geeignetes Instrument zum indirekten Nachweis von Abbauprozessen sowie zu deren Quantifizierungen haben sich Stofftransportmodelle erwiesen.

### **6.6 Betrachtung der Schadstofffahne**

Die wichtigsten Anforderungen an die Charakterisierung der Schadstofffahne sind in Abschnitt 4.3.1 LABO-PoP /3/ wie folgt definiert:

*„Nachfolgend sind die wichtigsten Aspekte genannt, die im Zusammenhang mit der Charakterisierung und Bewertung einer Schadstofffahne betrachtet werden sollten:*

- *das Schadstoffinventar (Art, räumliche Verteilung und Masse der Schadstoffe im Untergrund) sowohl in der Schadstoffquelle als auch in der Fahne,*

- das Vorkommen bzw. die Bildung von Metaboliten (z. B. bei LCKW: cis-DCE, VC und Ethen),
- die aktuelle räumliche Begrenzung der Fahne,
- das Austragsverhalten aus der Quelle, insbesondere die Schadstofffracht (Masse pro Zeiteinheit, Bilanzebene B der Abb. 2),
- das räumliche und zeitliche Ausbreitungsverhalten der Schadstofffahne, insbesondere die Schadstofffracht in mindestens 2 abstromig angeordneten Fließquerschnitten (Bilanzebene C und D der Abb. 2)

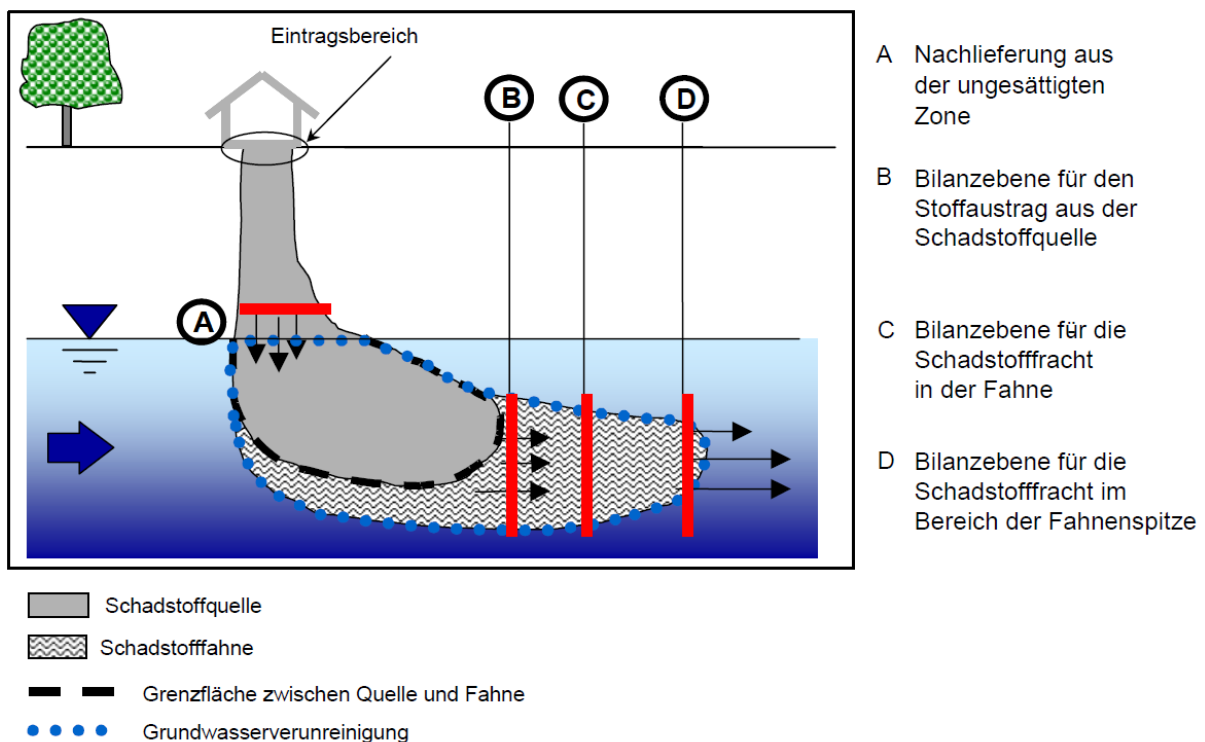


Abbildung 6-8: Abbildung 2 aus LABO-PoP /3/

Als weitere Anforderung an die Schadstofffahne wird in Abschnitt 4.3.3 LABO-PoP /3/ formuliert: „Die Schadstofffahne sollte quasi-stationär oder schrumpfend sein“.

Der Begriff „quasi-stationär“ wird dabei in Abschnitt 4.3.3, Fußnote 7 LABO-PoP /3/ wie folgt definiert: „Eine Schadstofffahne wird als „quasi-stationär“ verstanden, wenn sie sich auf Dauer räumlich nicht mehr ausdehnt. Das bedeutet, dass ihre räumliche Kontur, beschrieben durch die Grenze zwischen GFS-Über- bzw. -Unterschreitung

*sich nicht mehr ausdehnt oder in Richtung des weiteren Abstroms verschiebt. Sie muss somit im Rahmen der natürlichen Variation der Fließbedingungen (Fließgeschwindigkeit, -richtung), wie aber auch der Reaktionsbedingungen ortsfest sein.“*

Die Stationarität der Schadstofffahne ist gemäß LABO-PoP damit auf die Fahnengeometrie begrenzt. Eine Ausweitung des Begriffs „quasi-stationär“ auf die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in der Fahne findet sich im Positionspapier nicht. Nachdem die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen innerhalb der Schadstofffahne ein wesentlicher Aspekt hinsichtlich der zu erwartenden Fahnenentwicklung ist, wurde bei der Untersuchung der Standorte versucht, auch diese zu erfassen.

### **6.6.1 Stationarität der Schadstofffahne**

Hinsichtlich der Stationarität der Schadstofffahne wurden folgende Kriterien bei der Untersuchung der Standorte abgefragt:

- Geometrische Stationarität
  - horizontal
  - vertikal
- Konstanz oder Abnahme der Schadstoffkonzentrationen

Die allgemeinen Angaben zur Stationarität der Fahne aus den 24 untersuchten Vorhaben sind in Abbildung 6-9 zusammengefasst.

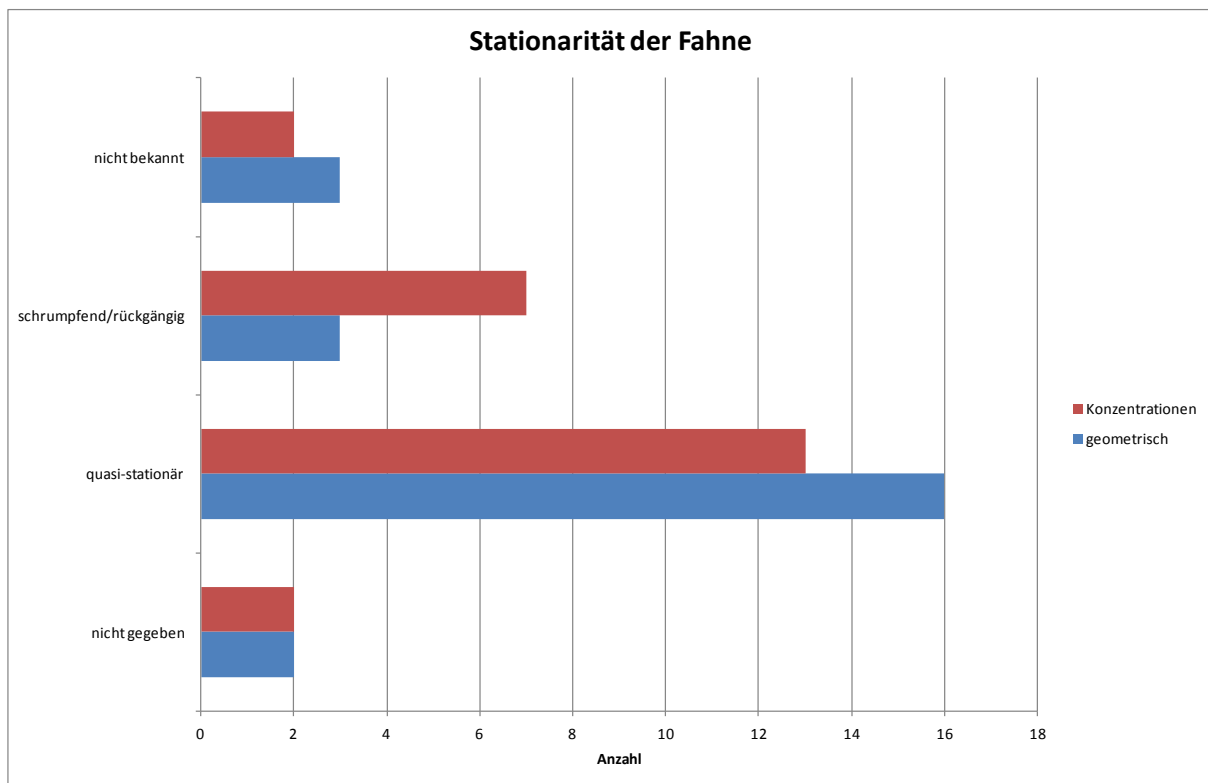


Abbildung 6-9: Stationarität der Fahne

Hinsichtlich der horizontalen Schadstoffausdehnung wurde bei der Auswertung der untersuchten Vorhaben folgendes festgestellt:

- Generell wird der horizontalen Stationarität der Schadstofffahne erhebliche Bedeutung zugemessen.
- Überwiegend wurde die Schadstofffahne als „quasi-stationär“ oder schrumpfend eingestuft.
- In zwei Vorhaben gilt die Fahnenabgrenzung noch nicht als abgeschlossen, in einem weiteren wurde sie erst kürzlich abgeschlossen. Aussagen zur Stationarität sind daher in diesen Vorhaben noch nicht möglich.
- In zwei Vorhaben wird davon ausgegangen, dass die Fahnenausbildung noch nicht abgeschlossen ist.
- Die Beurteilung der Stationarität wird im Regelfall durch gutachterliche Bewertung von Analyseergebnissen vorgenommen.
- In fünf Vorhaben kamen statistische Verfahren (lineare Trendanalyse, Mann-Kendall-Test etc.) zur Anwendung.

- Numerische Verfahren wie z.B. Flächenberechnungen aus Isokonzenplänen oder Dirichlet-Zerlegung des Untersuchungsraums (Thiessen-Polygone) kamen nicht zur Anwendung.
- Die Beprobungsintervalle sind stark unterschiedlich. Sie erreichen Abstände von bis zu zwei Jahren. Eine Begründung der Intervalle ist im Regelfall nicht gegeben.
- Ereignisabhängige Sonderbeprobungen (z.B. Niederschlags- oder Grundwasserstands-abhängig) werden im Regelfall nicht vorgenommen.

Hinsichtlich der vertikalen Schadstoffausbreitung ist festzuhalten, dass Messstellengruppen oder Multilevelmessstellen gegenüber vollständig und unvollständig ausgebauten Grundwassermessstellen untergeordnet vorhanden sind. Eine exakte Bewertung der vertikalen Fahnenstationarität ist daher meist schwierig oder nicht möglich.

### **6.6.2 Schadstoffinventarisierung der Quelle und Fahne**

Die Bewertung der Konstanz oder Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen erfolgt, wie bereits erwähnt, durch gutachterliche Einschätzung, Trendanalysen oder statistische Verfahren. Numerische Verfahren zur Berechnung des Schadstoffinventars (z.B. Dirichlet-Zerlegung des Untersuchungsraums unter Erweiterung der Thiessen-Polygone zu Polyedern konstanten Schadstoffinventars) wurden in keinem Vorhaben angewendet. Inwieweit aus den erstellten Grundwassermodellen das Schadstoffinventar quantifiziert wurde, war aus den eingesehenen Unterlagen nicht zu entnehmen.

Lediglich in zwei Vorhaben spielte die Ermittlung des Schadstoffinventars in der Fahne, insbesondere der Masse, eine Rolle.

### **6.6.3 Vorkommen und Bildung von Metaboliten**

Die Untersuchung von Grundwasserproben auf das Vorhandensein von Metaboliten und Abbauprodukten kam in zwei Drittel der Vorhaben bei der Untersuchung und dem Nachweis von Minderungsprozessen zum Einsatz. Näheres hierzu findet sich in Abschnitt 6.5.

### 6.6.4 Aktuelle räumliche Begrenzung der Fahne

In zwei Vorhaben muss die räumliche Begrenzung der Schadstofffahne als nicht abgeschlossen eingestuft werden. In einem weiteren Vorhaben verbleiben Unklarheiten, ob ein Schadstoffeintrag in einen Vorfluter gegeben ist oder die Schadstofffahne vor dem Vorfluter endet.

Bei zwei weiteren Vorhaben ist eine Ausbreitung von Schadstoffen zu beobachten.

Insgesamt kann die räumliche Begrenzung der Schadstofffahne bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Vorhaben somit als gut untersucht eingestuft werden. Auf die grundsätzlichen Erörterungen zur vertikalen Abgrenzung der Schadstoffverteilung in Abschnitt 6.3 sei an dieser Stelle hingewiesen. Abbildung 6-10 zeigt die aktuelle Geometrie der Schadstofffahnen, soweit dazu Daten vorliegen. In Tabelle 6-1 sind einige Kennzahlen zur Charakterisierung der Fahnengeometrie aufgeführt. Auffällig ist, dass der arithmetische Mittelwert stets deutlich größer ist als der Median, was in den auch in Abbildung 6-10 erkennbaren vereinzelt vorkommenden sehr großen Werten begründet ist.

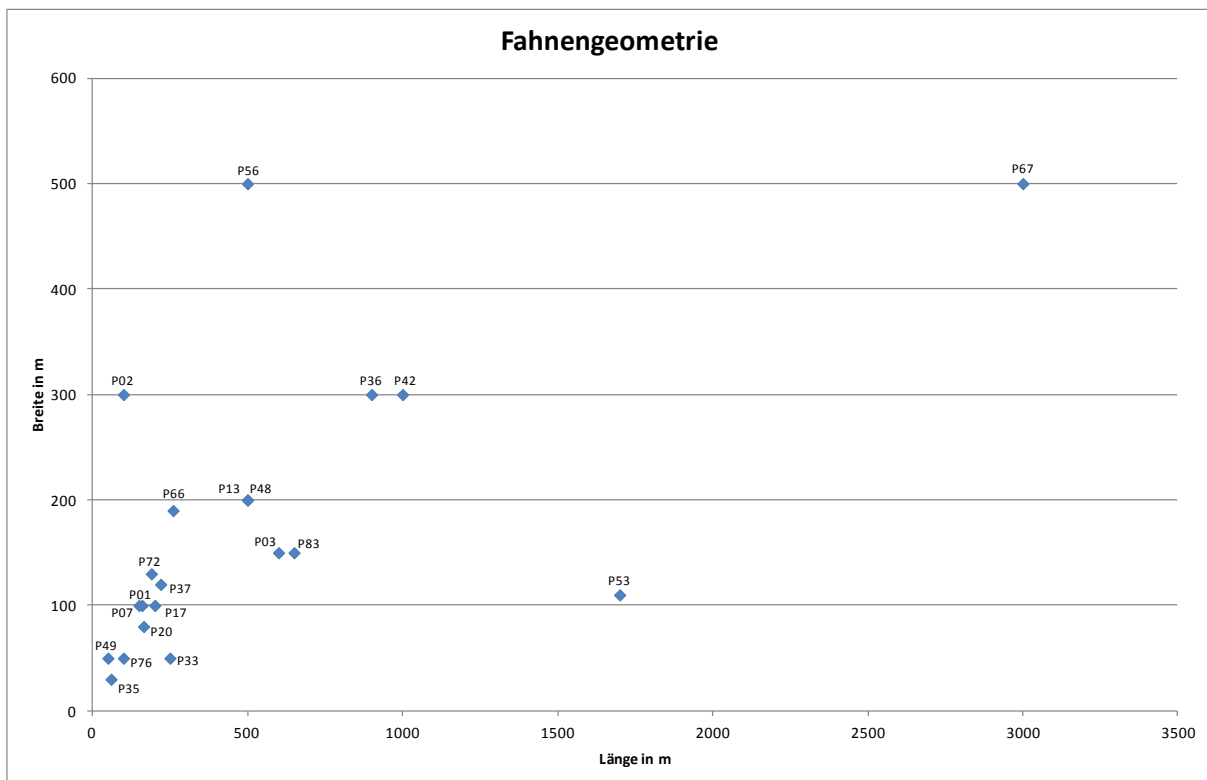


Abbildung 6-10: Aktuelle Fahnengeometrie

Tabelle 6-1: Kennzahlen zur Fahnengeometrie

	Länge / m	Breite / m	Mächtigkeit / m
<b>Maximum</b>	3000	500	120
<b>arithmetisches Mittel</b>	557	177	26
<b>Median</b>	255	130	18
<b>Minimum</b>	50	30	5
<b>Anzahl Werte</b>	22	21	11

### 6.6.5 Austragsverhalten aus der Quelle

Bei etwa der Hälfte der untersuchten Vorhaben wurden Frachtbetrachtungen ange stellt, so dass das Austragsverhalten aus der Schadstoffquelle als bekannt ange nommen werden kann.

### 6.6.6 Bewertung räumliche Schadstoffausbreitung in Bilanzebenen

In etwa der Hälfte der untersuchten Vorhaben ist die im LABO-PoP vorgeschlagene Mindestanforderung der Betrachtung einer Emissionsbilanzebene sowie zweier ab stromiger Bilanzebenen nicht erfüllt. In diesen Fällen beschränkt sich die Untersu chung der Fahne im Wesentlichen auf die räumliche Ausbreitung anhand von Messstellenanordnungen, die nicht systematisch als Bilanzebenen ausgewertet wer den können. Hinsichtlich der Betrachtungen zur Frachtreduktion in den einzelnen Vorhaben sei auf Abschnitt 6.5.5 verwiesen.

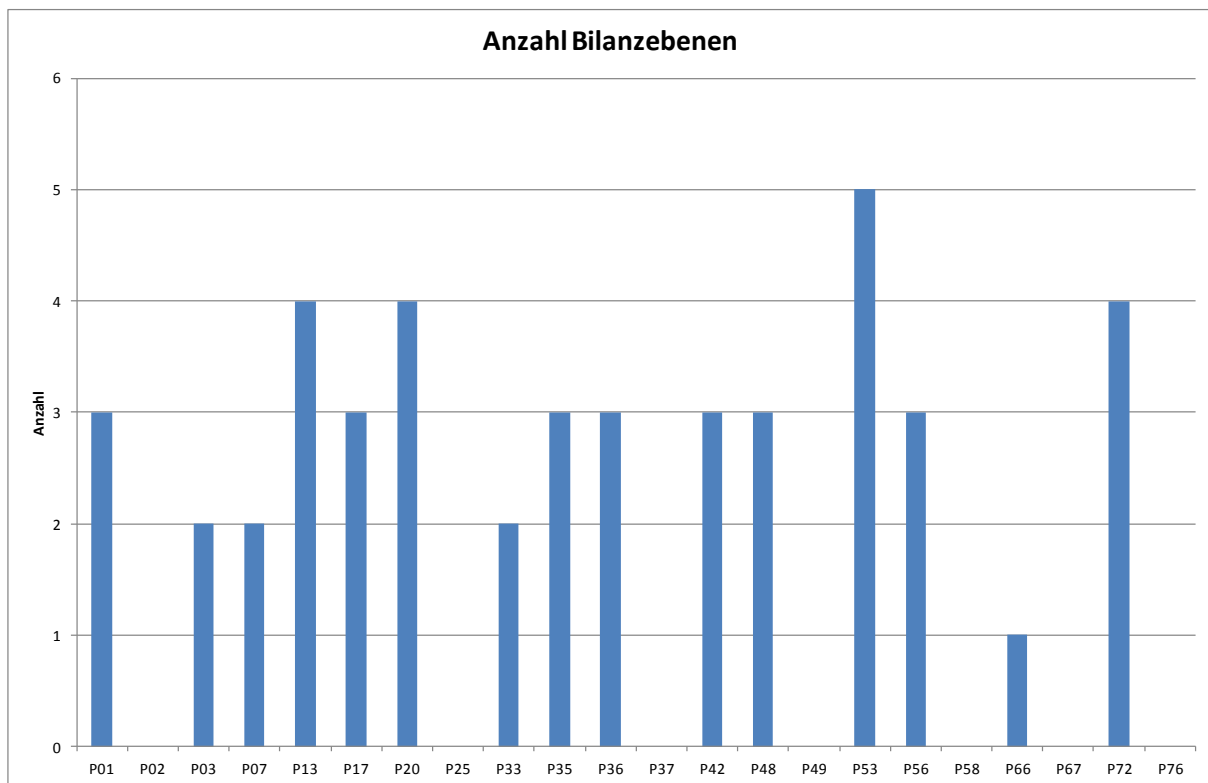


Abbildung 6-11: Anzahl Bilanzebenen (incl. der Emissionsebene am Übergang Schadstoffquelle zu Schadstofffahne)

### 6.6.7 Fazit zu Umgang mit und Charakterisierung der Schadstofffahne

Zusammenfassend kann zur Untersuchung und Bewertung der Schadstofffahne festgehalten werden:

- Eine vollständige horizontale Abgrenzung der Schadstofffahne ist bei den untersuchten Vorhaben überwiegend gegeben.
- Demgegenüber ist die vertikale Abgrenzung und Differenzierung der Schadstoffverteilung deutlich schlechter ausgeprägt.
- Hinsichtlich der Ausbreitung der Schadstofffahne ist überwiegend davon auszugehen, dass diese als quasi-stationär einzustufen ist.
- Der Nachweis der Stationarität erfolgt überwiegend durch gutachterliche Interpretation von Analyseergebnissen. Numerische Methoden sind dem gegenüber untergeordnet.
- Eine Schadstoffinventarisierung (Ermittlung oder Abschätzung der Massen) in der Schadstofffahne spielte in der Vollzugspraxis nur in zwei Fällen eine Rolle.



- Die im LABO-PoP vorgeschlagenen Mindestanforderungen an die Bilanzierung der Schadstofffrachten sind in der Praxis häufig unvollständig umgesetzt.

## 6.7 Prognose

Die Aufgabe der „Prognose“ im Zusammenhang mit MNA wird im LABO-PoP /3/ in Abschnitt 4.3.3 wie folgt definiert:

*„Aus den Untersuchungsergebnissen zur Schadstofffahne muss eine Prognose aufgestellt werden können, ob aktuell oder zukünftig eine Verunreinigung des noch nicht betroffenen Grundwassers oder weiterer Schutzgüter ausgeschlossen werden kann oder zu besorgen ist.“*

Diese Grundforderung ist daher eine Prognose darüber, ob die Schadstofffahne in der Zukunft eine regressive, quasi-stationäre oder expandierende Geometrie aufweisen wird. Die Prognose im Sinne des LABO-PoP /3/ stellt damit zunächst eine Aussage dar, ob zu erwarten ist, dass die Voraussetzung für die Anwendung von MNA, nämlich die Quasi-Stationarität oder Regression der Schadstofffahne, auch künftig als gegeben zu erwarten ist. Eine Prognose dahingehend, wann und in welchen Zeiträumen eine Rückbildung der Fahne zu erwarten ist, also letztlich die Prognose der Fahngeometrie als Funktion der Zeit, stellt die Prognose im Sinne des Positionspapiers nicht zwingend dar.

Weitere Empfehlungen zum Vorgehen und zur Methodik der Aufstellung finden sich in Anhang 1 A1-II.2 und Anhang 2 A2-2.2 des Positionspapiers. Als Methoden des Nachweises werden dabei angeführt:

- Nachweis und Prognose anhand von Messreihen und Analogiebetrachtungen (A2-2.2.1) sowie
- Nachweis und Prognose mittels Stofftransportmodellen (A2-2.2.2).

In Abschnitt 4.3.3 finden sich noch Ausführungen zum Abgleich von Schadstoffausstrags- und Schadstoffminderungsraten.

### 6.7.1 Feststellungen zur Prognose

Hinsichtlich der Prognose zur Fahnenentwicklung wurden in den Vorhaben folgende Feststellungen getroffen:

- Geometrische Quasi-Stationarität bei gleichbleibenden Schadstoffkonzentrationen: 12 Vorhaben
- Geometrische Quasi-Stationarität bei rückläufigen Schadstoffkonzentrationen: 3 Vorhaben
- Weitere Ausbreitung der Schadstofffahne: 2 Vorhaben
- Keine Prognose: 2 Vorhaben
- Geometrische Quasi- Stationarität ohne Aussage zu Schadstoffkonzentrationen: 1 Vorhaben
- Sinkende Schadstoffkonzentrationen bei regressiver Geometrie: 1 Vorhaben
- Konstante Konzentrationen, noch keine Aussage zur geometrischen Quasi-Stationarität: 1 Vorhaben
- In zwei Vorhaben wurde auf Basis der Abschätzung des Schadstoffinventars in der Fahne und der Untersuchung der Abbaukinetik eine Abklingkurve der Schadstoffkonzentrationen in der Fahne als Prognose berechnet. In beiden Fällen wurde die Fahnengeometrie als quasi-stationär angenommen, eine Prognose hinsichtlich einer geometrischen Regression wurde nicht getroffen.

Methodisch erfolgte die Erstellung der Prognose wie folgt:

- In der überwiegenden Zahl der Fälle wurde die Prognose aus der Beobachtung der Fahne in der Vergangenheit (Schadstoffentwicklung und –verteilung im Grundwasser) abgeleitet. Es wurde dabei, soweit in der Vergangenheit quasi-stationäre Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser zu beobachten waren, postuliert, dass eine Trendumkehr nicht zu erwarten sei. Im Grunde ist diese Betrachtung bei Abbauvorgängen solange sich die äußeren Randbedingungen nicht ändern, legitim, da es sich bei den ablaufenden Prozessen im Regelfall nicht um Verschleißprozesse handelt, die ein vorhandenes Potential aufzehren.
- In zwei Vorhaben wurde die Prognose zusätzlich durch ein numerisches Stofftransportmodell abgesichert.

- Bei zwei Vorhaben wurde der Rückgang der Schadstoffkonzentrationen aus Untersuchungen zur Abbaukinetik und zum Schadstoffinventar berechnet.

### **6.7.2 Fazit zur Prognose**

Zusammenfassend lässt sich zur Thematik Prognose festhalten:

- Die Prognose zur Fahnenentwicklung wird in der Praxis überwiegend anhand von Messreihen und Analogiebetrachtungen entsprechend Anhang 2 A2-2.2.1 Positionspapier vorgenommen.
- Demgegenüber haben numerische Stofftransportmodelle sowie Berechnungen zur Abbaukinetik nur eine untergeordnete Bedeutung.
- Die Prognose beschränkt sich fast immer auf Aussagen zur Stationarität der Fahne. Die Hauptursachen für das überwiegende Fehlen konkreter Prognosen zur Regression dürften darin liegen, dass zum einen eine vollständige oder überwiegende Quellensanierung bei den untersuchten Vorhaben die Ausnahme darstellt und andererseits keine ausreichende Quantifizierung des restlichen Schadstoffinventars erfolgte oder möglich war. Zudem ist die Quantifizierung der Abbaukinetik in der Praxis schwierig. Unter diesen Voraussetzungen kann auch mit aufwendigen Methoden, wie dreidimensionaler Strömungssimulation unter Berücksichtigung von Abbauvorgängen, keine aussagekräftige Prognose erstellt werden.
- Konkrete Abklingkurven der Schadstoffbelastungen wurden nur in zwei Fällen prognostiziert.
- Konkrete Prognosen zur geometrischen Regression wurden nicht festgestellt.

### **6.8 Maßnahmenziele**

Nachdem MNA bodenschutzrechtlich nicht als Sanierungsmaßnahme einzustufen ist und bei einer Vielzahl von Vorhaben keine aktiven Sanierungsmaßnahmen ergriffen wurden, sei in diesem Abschnitt von Maßnahmen- und nicht von Sanierungszielen die Rede.

Im LABO-PoP /3/ wird zur Thematik Zielvorgaben unter Kapitel 0 ausgeführt: *„Ein MNA-Konzept enthält grundsätzlich folgende Regelungsbestandteile: a) Festlegung von nachprüfbaren Zielvorgaben in Raum und Zeit, die auf der Basis der Prognose als notwendiges Ergebnis der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse angesehen*

*werden, sowie von Zwischenergebnissen für die Zeit bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands, b) ...“*

Somit ist mit dem Bezug auf das Positionspapier festzustellen:

- Die Festlegung des Maßnahmenziels wird grundsätzlich als elementarer Bestandteil eines MNA-Konzeptes gesehen.
- Das Ziel wird als qualitativ / quantitativ, zeitlich und räumlich differenziertes Zielsystem aufgefasst („was, wann, wo?“).
- Anders als in Abschnitt 6.7 dieses Berichts zur Thematik der Prognose ausgeführt, implizieren die oben zitierten Ausführungen, dass die Prognose eine Abschätzung zeitlicher und räumlicher Entwicklungen ermöglichen sollte.

### **6.8.1 Festgestellte Maßnahmenziele**

Bei der Untersuchung der 24 Standorte wurden hinsichtlich festgelegter Maßnahmenziele folgende Konstellationen festgestellt.

#### **Übergeordnete Maßnahmenziele**

In 15 der untersuchten Vorhaben wurden unabhängig von MNA Maßnahmen- oder Sanierungsziele definiert, wovon in vier Fällen die Ziele rechtsverbindlich festgesetzt wurden. In neun Vorhaben war keinerlei Sanierungs- oder Maßnahmenziel definiert.

Diese Zieldefinitionen waren häufig sehr allgemeiner Natur, wie beispielsweise die Bezugnahme auf Geringfügigkeitsschwellenwerte oder die Ableitung von maximalen Schadstoffkonzentrationen und –emissionen auf Basis landesrechtlicher Regelungen.

Soweit Dekontaminationsmaßnahmen durch Bodenaushub vorgenommen wurden, wurden meist Beweissicherungen der Aushubsohlen und –böschungen vorgenommen.

#### **Ziele im Kontext mit MNA**

Schwierig erwies sich die Diskussion von Maßnahmenzielen im konkreten Kontext mit MNA. Nachdem es sich dabei um keine aktive Sanierungsmaßnahme, sondern um das Beobachten natürlich ablaufender Vorgänge handelt, wurde die Begrifflichkeit

des „Ziels“ meist als problematisch eingestuft. Hierbei spielt sicherlich eine Rolle, dass es überwiegend keine oder nur rudimentäre Vorstellungen hinsichtlich der Fahnenentwicklung im Sinne zeitlicher und räumlicher Funktionen der Fahnenregression gibt.

Mit Ausnahme der Vorhaben, in welchen konkrete Zielvorgaben zur Konzentrationsabnahme formuliert waren, wurden als Ziele nahezu stets formuliert:

- die weitere Stationarität der Fahne, oder
- die Beibehaltung des als akzeptabel eingestuften Zustandes.

Darüber hinaus wurden im Kontext mit MNA folgende Ziele genannt:

- In sieben Vorhaben wurden keine weitergehenden Ziele genannt.
- In vier Vorhaben sind Warn- oder Polizeibrunnen installiert, in welchen die Überschreitung definierter Werte nicht toleriert wird. In einem weiteren Vorhaben sind Maximalkonzentrationen im Bereich der Fahnen Spitze festgelegt. Die in den Vorhaben festgelegten Werte werden derzeit eingehalten.
- In einem Vorhaben ist vorgesehen, maximale Frachten in einer noch festzulegenden Kontrollebene zu definieren.
- In zwei Vorhaben (beide ohne signifikante Sanierung der Quelle) sind nach wie vor erhebliche Schadstoffemissionen festzustellen, die weiterhin eine progressive Fahnenentwicklung bewirken. Hier wurden folgende Ziele definiert
  - 1. Vorhaben: Unterschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte in der Abstromebene an der Grundstücksgrenze.
  - 2. Vorhaben: Keine weiteren Emissionen von Schadstoffen, Trendumkehr der Schadstoffkonzentrationen und der Kubatur einer aufschwimmenden Leichtphase.

In beiden Vorhaben ist ein Erreichen dieser Ziele nicht absehbar.

- In zwei Vorhaben ist das Ziel, einen prognostizierten Rückgang der Schadstoffkonzentrationen beobachten zu können. Unter Berücksichtigung statistischer Effekte ist dieses Ziel in den Vorhaben weitestgehend eingehalten.
- In einem Vorhaben ist als Ziel definiert, dass sich der Rückgang der Schadstoffkonzentrationen im bisherigen Verlauf fortsetzen soll und dass keine

Trendumkehr hinsichtlich der Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen eintritt.

- In einem Vorhaben ist ein Grundwassermilieu (Sauerstoffgehalte, Redoxpotential) definiert, das neben der Fahnenstationarität feststellbar sein soll, da es als wichtige Voraussetzung für den Abbau von Schadstoffen erachtet wird.
- In einem Vorhaben sind maximale Schadstoffkonzentrationen in einer Bilanzenebene in der Fahnenmitte als Zielwerte festgelegt, die erheblich über den Geringfügigkeitsschwellenwerten liegen. Diese Werte sind noch nicht erreicht. Ein zeitliches Ziel, wann diese Werte zu erreichen sind, liegt nicht vor.
- Gleiches gilt für maximale Schadstoffkonzentrationen, die in der „Schadstofffahne“ eines weiteren Vorhabens ohne räumliche Differenzierung festgelegt wurden. Diese fehlende räumliche Festlegung ist in diesem Vorhaben nachvollziehbar, da es sich um Restbelastungen nach einem Bodenaustausch handelt und die Grundwasserfließverhältnisse bei uneinheitlicher Fließrichtung sowie geringem und wechselndem Gefälle dort als stagnierend einzustufen sind.
- In einem Vorhaben ist in drei aufeinander folgenden Beprobungskampagnen der „Nachweis eines stabilen Abbaus“ zu führen, ohne dass diese Anforderung weiter konkretisiert wird. Sobald dieser Nachweis geführt wurde, gilt der Standort als saniert, es sind dann keine weiteren Monitoringmaßnahmen erforderlich. Dieses Ziel ist bisher nicht erreicht.

## 6.8.2 Fazit Maßnahmenziele

Zusammenfassend ist zu Maßnahmenzielen festzuhalten.

- In diversen Vorhaben wurden bereits im Vorfeld zu MNA zwar Ziele definiert. In den meisten Fällen wurden diese jedoch nicht rechtskräftig festgesetzt und auch nicht vollständig erreicht.
- Im Zuge der Anwendung von MNA als Strategie wurden diese Ziele meist nicht formell revidiert oder angepasst.
- Im Hinblick auf MNA werden in nahezu allen Vorhaben die Quasi-Stationarität der Schadstofffahne und die weitere Aufrechterhaltung des aktuellen Zustands als Ziel definiert.
- Festzustellen ist damit, dass in der überwiegenden Zahl der Vorhaben die Voraussetzung für MNA („Festgestellte Stationarität der Fahne“), die Prognose

(„Weiterhin stationäre Fahne“) und das Maßnahmenziel für MNA („Stationarität der Fahne“) identisch sind.

- Bei der Anwendung von MNA wäre eine von Voraussetzung und Prognose abweichende Konkretisierung des Zielzustandes „Was, wann, wo?“, erweitert um die Angabe „wie festgestellt oder nachgewiesen?“ wünschenswert.
- Soweit Prognosen überwiegend nicht die Regression der Fahnen zum Gegenstand haben, ist jedoch eine konkrete Zieldefinition im Sinne der Beschreibung einer Verbesserung des Zustands nicht möglich.
- Als mögliche Ansätze der Konkretisierung des Zielzustandes „Was, wann, wo?“, erweitert um die Angabe „wie festgestellt oder nachgewiesen?“ bietet sich daher die Differenzierung von zwei Fallkonstellationen an:
  - MNA-Konzepte mit zeitlicher/räumlicher Prognose zur Fahnenregression: Hier kann die Konkretisierung des Zustandes als Ziel definiert werden. Im laufenden Monitoring kann die Zielerreichung geprüft werden.
  - MNA-Konzepte ohne zeitliche/räumliche Prognose zur Fahnenregression: Hier könnte die Konkretisierung der Zustandsbeschreibung bei der Feststellung der Voraussetzungen für MNA erfolgen. Diese konkretisierte Zustandsbeschreibung hätte dann weniger den Charakter eines Ziels als vielmehr einer Eingriffsschwelle.

## 6.9 Zeitraum für MNA

Zum Zeitraum für MNA wird im LABO-PoP /3/ in Abschnitt 6.3 ausgeführt:

*„Der zu erwartende Zeitraum für MNA ergibt sich zunächst aus der Prognose. Die Überwachung ist jedoch mindestens so lange durchzuführen, bis die Schadstoffkonzentrationen dauerhaft unterhalb der definierten Zielwerte bleiben.“*

Weiter wird ausgeführt:

*„Um sicherzustellen, dass die Durchführung der Überwachung auch langfristig gewährleistet ist und dass im Falle der Abweichung von der Prognose ggf. Alternativmaßnahmen ergriffen werden können, kommt die Auferlegung einer Sicherheitsleistung gestützt auf § 16 Abs. 1 BBodSchG in Betracht. Gerichtsentscheidungen zu dieser Frage sind bisher nicht ergangen.“*



Hierzu ist zunächst insgesamt festzuhalten:

- Nachdem die Prognose sich in der überwiegenden Zahl der Fälle darauf beschränkt, von einer weiteren Stationarität der Schadstofffahne auszugehen und keine zeitlichen Aussagen zur Regression dieser trifft, kann der zu erwartende Zeitraum im Regelfall nicht prognostiziert werden.
- Sicherheitsleistungen gem. § 10 Abs. 1 BBodSchG zur Sicherstellung der Durchführung von MNA und ggf. erforderlicher alternativer Handlungsoptionen wurden in keinem Vorhaben eingefordert.

### **6.9.1 Feststellungen zur Laufzeit von MNA-Vorhaben**

Zur Laufzeit von MNA wurden bei der Untersuchung folgende Feststellungen getroffen:

- Generell gibt es überwiegend keine Vorstellungen zur erforderlichen Laufzeit der MNA-Maßnahme.
- In den beiden Vorhaben mit einer Prognose zum Rückgang der Schadstoffkonzentrationen gibt es vorläufige Definitionen des Betrachtungszeitraums. Nach Ablauf dessen ist vorgesehen, diese Vorhaben einer Neubewertung zu unterwerfen.
- Die rechtlichen Regelungsinstrumente weisen teilweise Begrenzungen des Gültigkeitszeitraums auf. Diese ist jedoch in keinem Vorhaben gleichzusetzen mit der Laufzeit von MNA.
- Überwiegend wird davon ausgegangen, dass das Monitoring im Rahmen von MNA eine dauerhaft erforderliche Leistung auf zunächst unbestimmte Zeit ist.
- Weitgehend übereinstimmend wird angenommen, dass bei einer dauerhaften Unterschreitung von Zielwerten (soweit vorhanden) oder der Geringfügigkeitsschwellenwerte das Monitoring beendet werden kann. Der Begriff „dauerhaft“ wird dabei nicht näher definiert. Nur in einem Vorhaben ist festgelegt, dass die Zielwerte über einen Zeitraum von einem Jahr unterschritten werden müssen.
- In einem Vorhaben ist festgelegt, dass der Schaden als saniert gilt, wenn in drei aufeinander folgenden Monitoringkampagnen ein stabiler Abbau der Schadstoffe nachgewiesen wird. Monitoringmaßnahmen sind dann nicht mehr erforderlich. Eine nähere Definition des Begriffs „stabiler Abbau“ liegt nicht vor.



- In einem Vorhaben gilt MNA als abgeschlossen und das Monitoring beschränkt sich auf die regelmäßige Untersuchung eines Brunnens im Vorfeld einer Trinkwasserfassung. Maßgeblich hierfür ist u.a. das Auslaufen der finanziellen Förderung für die Monitoringmaßnahmen.

### 6.9.2 Fazit zur Laufzeit von MNA Vorhaben

Zusammenfassend lässt sich zur Laufzeit von MNA-Vorhaben festhalten:

- Aufgrund überwiegend fehlender Prognosen zur Regression der Schadstoff-fahne gibt es nur im Ausnahmefall konkrete Vorstellungen zur Laufzeit von MNA (2 Vorhaben).
- Das Erfordernis eines Monitorings wird meist zunächst unbegrenzt gesehen.
- Konkrete Kriterien, die eine Beendigung des Monitorings rechtfertigen, sind nur im Ausnahmefall definiert.

### 6.10 Ermessen und Verhältnismäßigkeit

Im Zuge der Verhältnismäßigkeitsprüfung ist der entscheidenden Behörde grundsätzlich ein Ermessensspielraum eingeräumt. Dieser begründet sich bei der Altlastenbearbeitung im Speziellen auf § 10 Abs. 1 BBodSchG und § 40 VwVfG. Durch die Verhältnismäßigkeitsprüfung soll insbesondere auch sichergestellt werden, dass durch behördlich veranlasste Maßnahmen kein Verstoß gegen das Übermaßverbot gegeben ist. Dieser Verhältnismäßigkeitsprüfung kommt bei der Prüfung der Voraussetzungen für MNA und der Entscheidung über MNA-Konzepte zentrale Bedeutung zu. Grundsätzlich wird dabei im LABO-PoP /3/ (Kapitel 0) in zwei Fallkonstellationen unterschieden:

- Anwendung von MNA in Ergänzung zu einer Sanierung: *„Voraussetzung ist dabei, dass eine alleinige Sanierung unverhältnismäßig ist.“*
- *„Die Durchführung von MNA als alleinige Maßnahme ist nur dann möglich, wenn nach der Gefährdungsabschätzung die standortbezogenen Voraussetzungen im Einzelfall erfüllt sind und Sanierungsmaßnahmen als unverhältnismäßig eingeschätzt werden.“*

Die Ermessensausübung der Behörde erfolgt dabei auf zwei Ebenen:

- Entschließungsermessen: Im Zuge dessen wird, in der Regel auf Basis der Detailuntersuchung mit abschließender Gefährdungsabschätzung, entschieden, inwieweit weitere Maßnahmen, insbesondere auch Sanierungsmaßnahmen, erforderlich sind.
- Auswahlermessen: Soweit im Zuge des Entschließungsermessens Maßnahmen für notwendig gehalten werden, ist im Zuge des Auswahlermessens die Verhältnismäßigkeit einzelner Maßnahmen zu prüfen.

Die Verhältnismäßigkeitsprüfung erfolgt grundsätzlich in drei Stufen:

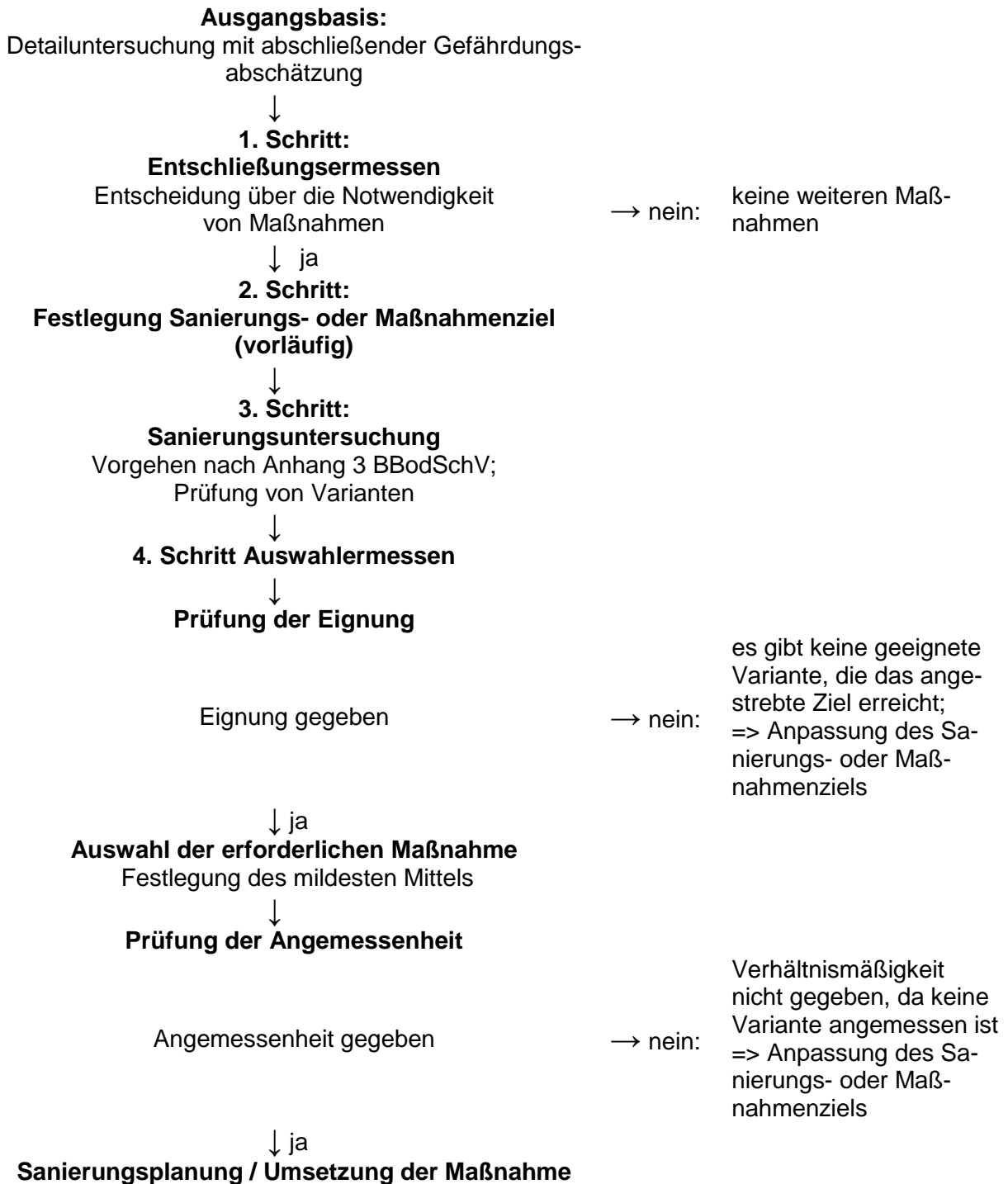
- Prüfung der Geeignetheit: Hierbei werden unterschiedliche Varianten und Verfahren dahingehend geprüft, inwieweit bei Anwendung dieser die vorgegebenen (ggf. vorläufigen) Ziele erreicht werden können.
- Auswahl des erforderlichen Mittels: Im Zuge dieses Schritts wird aus den geeigneten Varianten diejenige ausgewählt, die das „mildeste Mittel“ darstellt. Dies ist die Variante, die den Pflichtigen, die Allgemeinheit und gegebenenfalls andere Schutzziele am geringsten beeinträchtigt.
- Prüfung der Angemessenheit: Hierbei wird geprüft, inwieweit die von der als erforderlich eingestuft Variante oder Maßnahme ausgehenden Aufwände und Belastungen in einem vernünftigen und vertretbaren Verhältnis zu den erzielbaren Effekten und angestrebten Zielen steht. Die Prüfung der Angemessenheit ist somit keine rein monetäre Entscheidung. Vielmehr ist sie im Sinne einer Nutzwertanalyse die Untersuchung einer Menge komplexer, multivariabler Handlungsalternativen unterschiedlicher Maß- und Bewertungssysteme mit dem Ziel, durch Quantifizierung der Effekte eine Entscheidung bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems nachvollziehbar herzuleiten und zu begründen.

Voraussetzung für die Prüfung der Geeignetheit und der Angemessenheit einer Maßnahme ist somit grundsätzlich das Vorhandensein eines Zielsystems. Die Durchführung der Verhältnismäßigkeitsprüfung kann einen iterativen Prozess darstellen, in dessen Rahmen auch eine Anpassung der Sanierungs- oder Maßnahmenziele erforderlich werden kann.

Auch wenn die Entscheidung über die Verhältnismäßigkeit im Zuge des Ermessensausübens eine behördliche Entscheidung ist, hat der Pflichtige und damit im Regelfall

dessen Gutachter und Planer bereits bei der Anfertigung der Sanierungsuntersuchung für einzelne Varianten(kombinationen) Aussagen zu deren Eignung, Erfordernis und Angemessenheit zu treffen (siehe hierzu Anhang 3BBodSchV).

Zusammenfassend kann der grundsätzliche Ablauf der Ermessensausübung wie folgt dargestellt werden:



### 6.10.1 Verhältnismäßigkeitsprüfung bei den untersuchten Vorhaben

Grundsätzlich wurden die Themen Verhältnismäßigkeit, Ermessenausübung und Übermaßverbot bei den untersuchten Vorhaben als relevant und wichtig angesehen. Es sind jedoch in der Vollzugspraxis Auffälligkeiten gegeben, die deutliche Abweichungen von den vorstehend skizzierten Regelabläufen darstellen.

- Der typische Ablauf stellt sich so dar, dass sich an die Feststellung einer Grundwasserverunreinigung weitere Untersuchungen anschließen, die dann den Status einer Detailuntersuchung mit (abschließender) Gefährdungsabschätzung erreichen. Darauf folgen meist weitere Grundwasserbeobachtungen im Rahmen eines Monitorings. Parallel erfolgen Überlegungen und Planungen hinsichtlich des Umgangs mit der Schadenssituation (Sanierungskonzept oder -untersuchung), ohne dass formell im Zuge des Entschließungsermessens die Notwendigkeit von Maßnahmen festgestellt und darauf aufbauend ein (ggf. vorläufiges) Sanierungs- oder Maßnahmenziel definiert wurde.
- Ziel(system): Bei der überwiegenden Zahl der Vorhaben sind bezogen auf die Schadstoffsituation keine harten Ziele vorgegeben. Dies betrifft sowohl die Quantifizierung oder Qualifizierung des Zustands (z.B. Schadstoffkonzentrationen, Rückgang von Schadstoffgehalten) als auch zeitliche oder räumliche Differenzierungen.
- Häufig sind Ziele als weiche Kriterien („... solange es so bleibt ...“, „... wenn die Konzentrationen nicht steigen ...“, „... solange keine konkrete Gefährdung gegeben ist ...“ etc.) definiert. Als Ziel wird somit der Status quo als akzeptabel definiert, häufig unter starker Gewichtung von Immissionsaspekten („... laut Modellierung kann das am Wasserschutzgebiet / Brunnen / etc. nicht ankommen ...“). Im Sinne des Entschließungsermessens wird somit kein Handlungsbedarf für aktive Maßnahmen gesehen, Sanierungsmaßnahmen sind „nicht erforderlich“.
- Die Systematik und Reihenfolge der einzelnen Schritte der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Rahmen der Sanierungsuntersuchung und des behördlichen Auswahlermessens wird in der Praxis häufig vertauscht: Varianten werden kurz angedacht, um aus Kostengründen sofort verworfen zu werden. Beispielhaft: „Die Dekontamination des Standorts ist mit einem enormen Aufwand verbunden und somit nicht verhältnismäßig. Auf eine nähere Betrachtung wird somit verzichtet.“ Eine Prüfung der Geeignetheit fehlt, aus zu erwartenden hohen Kosten wird vielmehr sofort die nicht gegebene Verhältnismäßigkeit abge-

leitet. Bei der Feststellung der erforderlichen Maßnahme geht die Variante damit ebenfalls nicht in die Wertung ein.

- Die zweite Stufe der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Zuge des Auswahlermessens, nämlich die Festlegung der erforderlichen Maßnahme als mildestes Mittel unter den geeigneten Varianten, wird in einer Vielzahl von Vorhaben nicht als Auswahl- sondern als Prüfvorgang gesehen. Im Rahmen dieser „Prüfung“ wurde der Begriff der Erforderlichkeit dabei überwiegend umgangs- und nicht fachsprachlich angewandt. Beispiel: „Die Belastungssituation ist tolerabel niedrig und es ist keine unmittelbare Gefährdung durch Immission gegeben. Aktive Maßnahmen sind daher nicht erforderlich und somit nicht verhältnismäßig“. Somit wird statt der im Rahmen des Auswahlermessens vorzunehmenden Auswahl der erforderlichen Maßnahme über die Notwendigkeit entschieden, ob überhaupt Sanierungsmaßnahmen oder andere Maßnahmen vorzunehmen sind, eine Entscheidung, die bereits vorab im Zuge des Entschließungsermessens getroffen wurde oder hätte getroffen werden müssen.
- Der Begriff der Angemessenheit wird regelmäßig auf monetäre Aspekte reduziert. Auffallend ist dabei, dass häufig hohe Kosten als nicht angemessen bezeichnet werden, ohne dass angegeben wird, welcher Kostenrahmen als angemessen anzusehen wäre.
- Nicht monetäre Aspekte (insbesondere energetische Betrachtungen) wurden nur in zwei Vorhaben ausführlicher beleuchtet.
- Eine multifaktoriale Nutzwertanalyse wurde in keinem Vorhaben vorgenommen.
- Lediglich in einem Vorhaben konnte eine Verhältnismäßigkeitsprüfung als formaler, nachvollziehbarer Verwaltungsakt festgestellt werden.
- Betont werden muss, dass die vorstehenden systematischen Ausführungen nicht nur bei behördlichem Handeln festzustellen sind, sondern auch bei den Ausführungen von Gutachtern und Planern im Zusammenhang mit deren Ausführungen bei der Anfertigung von Sanierungskonzepten und –untersuchungen. Dies führt in der Praxis dazu, dass für einzelne Varianten keine Prüfung der Eignung erfolgt und diese somit auch nicht bei der Auswahl der erforderlichen Maßnahme berücksichtigt werden. Der zuständigen Behörde liegt somit für die Verhältnismäßigkeitsprüfung und die Ermessensausübung nur eine unvollständige Entscheidungsbasis vor.

Als wichtige Aspekte im Zusammenhang mit der Verhältnismäßigkeitsprüfung und dem Ausüben von Ermessen seien noch angeführt:

- In unterschiedlicher Deutlichkeit kam bei mehreren Gesprächen zum Ausdruck, dass sich Behörden durch das jahrelange inhaltliche Mittragen kostenintensiver Maßnahmen (Pump-and-Treat, Bodenluftabsaugung, In-situ-Maßnahmen etc.), auch wenn diese nicht angeordnet waren, in ihrer behördlichen Entscheidung dahingehend beeinflusst sehen, dass die Gesamtaufwendungen von Maßnahmen bei weiteren Forderungen möglicherweise nicht mehr verhältnismäßig sind. Soweit künftig Handlungsempfehlungen zum Vorgehen bei der Verhältnismäßigkeitsprüfung erarbeitet werden, sollte dieser Aspekt beleuchtet werden. Konkret sollte dabei erläutert werden, wie sich die Summe der Aufwendungen von Einzelmaßnahmen auf eine zu treffende Ermessensentscheidung auswirkt und welche Bedeutung in diesem Zusammenhang die Haltung der Behörde zu früheren Maßnahmen hat (wurden diese angeordnet, gefordert, akzeptiert, zur Kenntnis genommen, im Einvernehmen durchgeführt etc.?).
- Zeitliche Aspekte erscheinen im Zusammenhang von Verhältnismäßigkeitsentscheidungen unter zwei Gesichtspunkten als wichtig.
  - Gerade komplexe Altlasten und komplexe schädliche Bodenveränderungen weisen häufig eine sehr lang zurückreichende Historie betreffend die Kontaminationssituation auf. Grundwasserverunreinigungen sind oftmals seit Jahrzehnten bekannt und haben teilweise den Maximalumfang bereits überschritten. Hier wurden in einzelnen Gesprächen Unsicherheiten artikuliert, inwieweit dieser Umstand Einfluss auf die Verhältnismäßigkeitsentscheidung hat.
  - Zu klären ist auch, inwieweit der zeitliche Vorteil der Zielerreichung, der sich bei aktiven Sanierungsmaßnahmen ggf. gegenüber MNA ergibt, Gegenstand der Verhältnismäßigkeitsprüfung sein muss und ggf. in welcher Form.
- Natürliche Schadstoffminderungsprozesse sind Vorgänge, die aufgrund einer gegebenen Reaktionskinetik unterschiedliche Geschwindigkeiten oder Halbwertszeiten aufweisen. Im Zusammenspiel von Diffusions-, Advektions- und Dispersionsvorgängen im Grundwasser bilden sich daher im Aquifer Schadstofffahnen aus, die zu einer Überschreitung von Beurteilungswerten führen. Die Stationarität der Schadstofffahne vorausgesetzt, ist dieser Bereich als

Reaktionsraum anzusprechen. Gleichwohl ist festzustellen, dass dieser Reaktionsraum grundsätzlich als Grundwasserverunreinigung anzusprechen ist. Hinsichtlich der Verhältnismäßigkeitsentscheidung wäre es hilfreich, wenn entscheidungsleitende Kriterien zur Bewertung des Reaktionsraumes hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung und seiner Schadstoffgehalte zur Verfügung stünden (wie ist ein Reaktionsraum hinsichtlich der Begriffe „akzeptabel“, „tolerabel“, „angemessen“ zu bewerten). Derartige Kriterien im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeitsentscheidung im Zusammenhang mit MNA sollten dabei auch im Kontext mit dem Begriff der „lokal begrenzten Schadstoffkonzentration in Gewässern“ (§ 4 Abs. 7 BBodSchV) diskutiert werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Ausmaß der Verunreinigung die von der LAWA/LABO /7/ diesbezüglich vorgeschlagenen Bewertungsmaßstäbe übersteigt.

### 6.10.2 Fazit zur Verhältnismäßigkeitsprüfung

Zusammenfassend lässt sich zu den Themen Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessen festhalten:

- Der Begriff der „Verhältnismäßigkeit“ hat bei der Entscheidung über MNA erhebliche Bedeutung.
- Die Verhältnismäßigkeitsprüfung wird in der Praxis auch ohne vorherige Definition von Zielen angewandt.
- Über den Begriff der Angemessenheit werden häufig Varianten ohne Anlegung konkreter Kriterien vor der Prüfung der Eignung ausgeschieden.
- Die Auswahl der erforderlichen Maßnahme als mildestes Mittel wird häufig als Prüf- und nicht als Auswahlprozess verstanden.
- Diese vermeintliche „Prüfung der Erforderlichkeit“ als zweite Stufe der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Zuge des Auswahlermessens stellt bei näherer Betrachtung häufig eine Bewertung der Notwendigkeit im Sinne des Entscheidungsermessens dar.
- Die Prüfung der Angemessenheit fokussiert sich häufig auf rein monetäre Aspekte.
- Aufgrund der Komplexität der Thematik wird die Notwendigkeit der Aufstellung weitergehender entscheidungsleitender Kriterien und Arbeitshilfen gesehen.



## 6.11 Ausgestaltung von MNA

Hinsichtlich der Ausgestaltung von MNA wird im LABO-PoP /3/ in Kapitel 6 ausgeführt:

*„Die prognostizierte Wirkung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse ist durch ein an den Einzelfall angepasstes Grundwasser-Überwachungsprogramm nachzuweisen. Dieses kann durch eine behördliche Anordnung, durch die Zustimmung zu einem Sanierungsplan oder durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag geregelt werden.“*

In Abschnitt 6.1 wird das Überwachungsprogramm wie folgt konkretisiert:

*„Bei der Konzeption des Überwachungsprogramms ist zu berücksichtigen, dass sich das Reaktionssystem "Schadstofffahne" über größere Zeiträume hinweg verändern kann. Deshalb müssen auch Änderungen von hydrogeologischen, geochemischen, mikrobiologischen oder anderen Rahmenbedingungen, welche die Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen beeinflussen können, erfasst werden. Das Überwachungsprogramm hat daher die kontinuierliche Aufgabe,*

- die Überprüfung der Prognose zu gewährleisten,*
- Änderungen bezüglich der Ausbildung der Schadstofffahne zu erfassen und*
- Aussagen über die relevanten Schadstoffminderungsprozesse zu ermöglichen.*

*Das Überwachungsprogramm geht damit über das reine Aufzeichnen von Schadstoffkonzentrationen hinaus.“*

Zur rechtlichen Regelung des Überwachungsprogramms sei an dieser Stelle auf die Ausführungen unter Abschnitt 6.1.8 verwiesen. In etwa der Hälfte der untersuchten Vorhaben waren konkrete rechtliche Regelungsinstrumente erkennbar.

### 6.11.1 Festgestellte Ausgestaltung von MNA

Vorausgeschickt werden muss an dieser Stelle, dass Art und Umfang des laufenden Monitorings in insgesamt sieben Vorhaben noch nicht derart konkretisiert waren, dass eine Auswertung möglich gewesen wäre, auch wenn in diesen Vorhaben zu-



mindest teilweise ein Monitoring erfolgte. Dieses war jedoch noch nicht als Monitoring im Rahmen von MNA zu verstehen.

Der Untersuchungsumfang, soweit bereits konkret festgelegt, stellte sich bei 17 untersuchten Vorhaben wie folgt dar:

- Das laufende Monitoring in den untersuchten MNA-Konzepten erfolgt grundsätzlich durch regelmäßige Beprobungen und Untersuchungen des Grundwassers. Rhythmus und Umfang der Beprobungen variieren dabei erheblich.
- Im Regelfall werden die Proben als Pumpproben gewonnen. Nur im Ausnahmefall (z.B. beim Vorliegen von Schadstoffphasen) werden Schöpfproben entnommen.
- Laboranalytische Untersuchungen:
  - In allen Vorhaben erfolgt eine laboranalytische Quantifizierung der relevanten Schadstoffe.
  - In drei Vorhaben blieb die chemische Analytik dabei auf die ausschließliche Quantifizierung der Konzentrationen an relevanten Schadstoffen beschränkt.
  - In 13 Vorhaben wurden zusätzlich die Gehalte an redoxsensitiven Wasserinhaltsstoffen (Eisen, Mangan, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat etc.) quantifiziert.
  - In zehn Vorhaben erfolgte zusätzlich die Untersuchung auf Metaboliten und/oder Abbauprodukte.
  - Isotopenbestimmungen sind bei zwei Vorhaben im laufenden Monitoring vorgesehen.
  - In einem Vorhaben werden regelmäßig Ionenbilanzen vorgenommen.
- Die Bestimmung der vor-Ort-Parameter pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und Redoxpotential wurde bei den Probenahmen in allen Vorhaben vorgenommen.
- In einem Vorhaben kommen Passivsammler (Schadstoffe / Redoxzonierung) zum Einsatz.
- In einem Vorhaben werden die Konzentrationen an Nitrat und Ammonium im Grundwasser tiefenzoniert mittels direktanzeigender Sonden bestimmt.

- Sonstige Untersuchungen (Mikrokosmen, Keimzahlenscreening etc.) spielen im laufenden Monitoring keine Rolle.

Vorhandene Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodelle werden in einigen Vorhaben auf Basis neuer Monitoringdaten kontinuierlich nachkalibriert. Dies wird hinsichtlich der Möglichkeiten einer Prognoseerstellung als grundsätzlich sinnvoll angesehen.

Die Frachten in Bilanzebenen wurden, soweit sie bestimmt werden, entweder aus Stofftransportmodellen oder über die ermittelten Schadstoffkonzentrationen und bekannte Transmissivitäten berechnet. Entsprechende Sorgfalt vorausgesetzt, kann hier keines der beiden Verfahren präferiert werden. Lediglich in einem Vorhaben sind zur Bestimmung der Fracht regelmäßige Immissionspumpversuche vorgesehen.

Hinsichtlich des Beprobungsrhythmus wurde im Regelfall keine Begründung der Probenahmeintervalle, beispielweise über Abstandsgeschwindigkeiten, Reaktionskinetik, Schadstoffgehalte etc. gegeben. Vielmehr handelt es sich um Vorschläge des Gutachters oder Vorgaben der Behörden, deren jeweilige Festlegung nicht objektiv nachvollziehbar ist. Lediglich in einem Projekt werden die sehr langen Intervalle (zwei Jahre) mit dem hohen Aufwand der Beprobung im Gleisbereich einer Bahntrasse begründet, obgleich in diesem Vorhaben die Stationarität der Fahne als noch nicht gegeben angesehen wird. Bei der Festlegung der Beprobungsintervalle sollte auch die für den Transport des Grundwassers zwischen Bilanzebenen erforderliche Zeit Berücksichtigung finden, was bisher nicht der Fall ist.

### **6.11.2 Fazit Ausgestaltung von MNA**

Zusammenfassend kann zum laufenden Monitoring festgehalten werden:

- Das laufende Monitoring beschränkt sich überwiegend auf die laboranalytische Untersuchung von Grundwasserproben.
- Der Analysenumfang geht dabei in der überwiegenden Zahl der Fälle deutlich über die reine Quantifizierung der relevanten Schadstoffe hinaus.
- Pumpversuche werden nur im Ausnahmefall zur Frachtbestimmung eingesetzt.

- Die nachvollziehbare Berücksichtigung der Grundwasserdynamik sowie der Geometrie des Betrachtungsraums versus die Strömungsgeschwindigkeit bei der Festlegung der Beprobungsintervalle erfolgen in der Praxis nicht.
- Bei der Bilanzierung von Abbauvorgängen sollte grundsätzlich geprüft werden, inwieweit eine Betrachtung der Massenkonzentrationen sachgerecht oder ob alternativ die Auswertung von Stoffmengenkonzentrationen vorzusehen ist.

## 6.12 Rückfallszenarien

Im LABO-PoP /3/ wird darauf abgestellt, dass in einem MNA-Konzept für die Fälle des Nichterreichens von Zielen oder der Abweichung von der Prognose alternative Handlungsoptionen zu benennen sind. Unter A1-II.4 wird im Positionspapier weiter ausgeführt:

*„Hierzu wird es notwendig sein, Kriterien zu benennen, die eine Abweichung von der Prognose anzeigen.“*

Diese „alternativen Handlungsoptionen“ sind im vorliegenden Bericht mit dem Begriff „Rückfall-“ und / oder „Notfallszenarien“ belegt.

### 6.12.1 Festgestellte Rückfallszenarien

In sieben Vorhaben konnten zu dieser Thematik keine Festlegungen auf alternative Handlungsoptionen festgestellt werden, da der Rahmen für MNA noch nicht abschließend festgelegt ist. In den Gesprächen deutete sich jedoch überwiegend an, dass dies auch nicht erfolgen wird.

Konkrete Rück- oder Notfallszenarien sind in insgesamt sieben Vorhaben definiert, in den restlichen Vorhaben sind keine konkreten Regelungen getroffen.

Die Formulierung konkreter Rückfallszenarien hat somit in den untersuchten Vorhaben nur eine untergeordnete Bedeutung. Im Regelfall stellen die Behörden darauf ab, dass im Falle des Auftretens unerwarteter beziehungsweise nicht tolerabler Schadstoffbelastungen die Situation neu zu bewerten sei. Explizite Öffnungsklauseln in den rechtlichen Regelungen werden für diesen Fall überwiegend für nicht erforderlich gehalten.

Als zu ergreifende Maßnahmen werden überwiegend weitere Untersuchungen genannt. Hinsichtlich möglicher Eingriffe zur Gefahrenabwehr wurde meist ausgeführt, dass die diesbezüglichen Möglichkeiten bereits untersucht und damit rasch umgesetzt werden könnten. In einem Fall wurde diesbezüglich die Vorzugsvariante (Pump-and-Treat) bereits bis zur Ausführungsreife durchgeplant.

In zwei weiteren Vorhaben gibt es konkrete Handlungspläne, die sowohl ein erweitertes Monitoring als gegebenenfalls auch die Aufbereitung von Grundwasser beschreiben. Ausgelöst werden die Maßnahmen in einem Fall, wenn Schadstoffe in einem Brauchwasser- oder einem vorgelagerten Vorfeldbrunnen festgestellt werden, im zweiten Fall durch gutachterliche Bewertungen, ohne dass konkrete Auslösewerte festgelegt wurden.

In einem Vorhaben wurde der natürliche Schadstoffabbau bisher durch das Einbringen von Sauerstoff mittels Biosparging unterstützt. Im Zuge der Umsetzung von MNA soll diese Maßnahme beendet werden. Vertraglich ist allerdings geregelt, dass die technischen Einrichtungen auch nach der Außerbetriebnahme der aktiven Maßnahme für einen Zeitraum von fünf Jahren vorzuhalten sind, um bei Bedarf wieder unmittelbar aktiv eingreifen zu können.

Das überwiegende Fehlen konkreter Rückfallszenarien wird meist damit begründet, dass es für nicht zweckmäßig erachtet wird, für diverse hypothetisch denkbare Fallkonstellationen gestufte Maßnahmenkonzepte zu erstellen. Dieser Einwand ist durchaus nachvollziehbar und plausibel. Problematisch ist dabei u.E., dass die Planung konkreter Maßnahmen im Vorfeld von MNA in einer Vielzahl von Vorhaben sehr lange Zeiträume beansprucht hat. Die Planung und Umsetzung von konkreten Maßnahmen der Gefahrenabwehr im Falle des Scheiterns von MNA könnte daher möglicherweise nur ähnlich schleppend voran kommen, mit der Folge einer potenziellen Ausbreitung der Schadstoffbelastung.

Unabhängig von der konkreten Festlegung alternativer Handlungsoptionen wird als Hauptkriterium, das ein Abweichen von einem MNA-Konzept erfordern könnte, eine Ausweitung der Schadstofffahne angeführt. Soweit konkrete Grundwassernutzungen in Form von Brauch- oder Trinkwasserbrunnen im Umfeld der Schadstofffahne vor-

liegen, können definierte Schadstoffkonzentrationen maßnahmauslösend sein. Gleiches gilt für die Vorhaben, die ein definiertes Abklingen der Schadstoffkonzentrationen prognostizieren.

### **6.12.2 Fazit zur Thematik Rückfallszenarien**

Zusammenfassend ist zur Thematik Rückfallszenarien festzuhalten:

- In der Vollzugspraxis wird der Benennung konkreter alternativer Handlungsoptionen keine hohe Bedeutung zugemessen.
- Überwiegend wird, soweit nicht unmittelbar eine Gefährdung durch Immission eintreten kann, davon ausgegangen, dass, soweit alternative Handlungsoptionen zu ergreifen sind, zunächst weitere gutachterliche Ermittlungen im Vordergrund stehen.
- In der überwiegenden Zahl der Fälle wird eine auftretende Ausweitung der Schadstofffahne potentiell als handlungsauslösend benannt.

## 7 Fazit aus der Studie und Empfehlungen

Die Untersuchung von 24 Standorten, an welchen MNA als Strategie angewandt oder die Anwendung von MNA geprüft wird, hat ein sehr breites Spektrum an Einzelaspekten für die unterschiedlichen Anwendungskriterien von MNA ergeben. Die Darstellung „der typischen Fallkonstellation“ für MNA ist damit zwar nicht möglich. Dennoch haben sich hinsichtlich der Umsetzung der Empfehlungen des LABO-PoP /3/ typische Muster gezeigt. In diesem Kapitel sollen diese nochmals zusammenfassend herausgearbeitet werden. Betont sei an dieser Stelle abermals, dass sich alle Aussagen nur jeweils auf das Kollektiv der 24 untersuchten Standorte beziehen, auch wenn nicht jeweils explizit darauf hingewiesen wird.

Um nicht nochmals die gesamten vorstehenden Ausführungen textlich aufzugreifen, sind die Zusammenfassungen teilweise nur in Schlagworten verkürzt dargestellt. Bezüglich der Details sei auf die einzelnen Kapitel und Abschnitte des Berichts verwiesen.

### 7.1 Typisierung der Anwendungsfälle

Typische Eigenschaften von Vorhaben, bei welchen MNA zur Anwendung kommt sind:

- komplexe Schadensfälle (großräumige Schadstoffverteilung, erhebliche Tiefen, bebaute Grundstücke, innerstädtische Lage etc.),
- seit vielen Jahren in der Altlastenbearbeitung (Erkundung, Sanierung, Monitoring etc.),
- mit organischen Schadstoffen und Schadstoffgemischen kontaminiert und
- fast ausschließlich im Bereich von Porengrundwasserleitern gelegen.

**Fazit:** MNA findet in der Praxis bei komplexen Vorhaben, bei welchen eine vollständige Sanierung extrem aufwendig oder nicht möglich ist, Anwendung. Die Anwendung mit dem ausschließlichen Ziel der Kosteneinsparung bei einfacheren Schadensfällen, die mit überschaubarem Aufwand sanierbar sind, wurde nicht festgestellt.

**Empfehlung:** Die Anwendung von MNA beschränkt sich bisher überwiegend auf organische Schadstoffe. Die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung bei Kontaminationen mit anorganischen Schadstoffen sollten in Publikationen und Arbeitshilfen deutlicher dargestellt werden.

## **7.2 Voraussetzungen für MNA**

Nachfolgend werden gegliedert nach einzelnen Themenbereichen nochmals die Feststellungen zu den Voraussetzungen für MNA dargestellt.

### **7.2.1 Fahne**

Hinsichtlich der Charakterisierung der Schadstofffahne wurde festgestellt:

- Die Abgrenzung der horizontalen Ausbreitung der Schadstofffahne ist bei MNA-Vorhaben überwiegend gut gegeben.
- Soweit eine ausreichende Abgrenzung der Fahne erfolgt ist, war mit Ausnahme von zwei Vorhaben eine Quasi-Stationarität der Schadstofffahne gegeben.
- Die Feststellung der Stationarität erfolgt überwiegend durch rein qualitative / beschreibende gutachterliche Bewertung.
- Eine systematische Berücksichtigung der Grundwasserdynamik erfolgt überwiegend nicht.
- Die Inventarisierung des Schadstoffpotentials in der Fahne wird überwiegend nicht vorgenommen.

**Fazit:** Das Vorliegen einer horizontal ausreichend abgegrenzten, quasi-stationären Schadstofffahne ist als Grundvoraussetzung für die Anwendung von MNA überwiegend gegeben.

**Empfehlungen:** 1) Eine systematischere Bewertung der Stationarität der Schadstofffahne unter Anwendung numerischer Verfahren (Flächenberechnungen für Konzentrationsklassen, Polygonisierung der Schadstofffahne bzw. räumliche Aufteilung (z.B. Voxelgitter) etc.) und statistischer Verfahren sollte in höherem Maße gefordert werden. Insbesondere aufgrund der bekannten Schwankungen von

Analysenergebnissen ergäben sich hierdurch belastbarere und begründet nachvollziehbare Ergebnisse. Zugleich wird hierdurch das Schadstoffpotential in der Fahne quantifiziert oder zumindest numerisch charakterisiert.

2) Durch die unter 1 angeführte Inventarisierung oder numerische Charakterisierung des Schadstoffpotenzials in der Fahne ist nicht nur ein nachvollziehbarer Nachweis der Quasi-Stationarität der Schadstofffahne möglich. Gleichzeitig kann gegenüber der rein qualitativ, gutachterlichen Fahnencharakterisierung auch eine beginnende Regression der Fahne wesentlich früher und belastbarer festgestellt werden.

3) Als Voraussetzung für die Bewertung einer Schadstofffahne sollte eine Untersuchung der Grundwasserdynamik des Aquifers erfolgen. Hierunter werden verstanden die Feststellung der Varianz und Änderung

- der Grundwasserstände (inkl. Auswirkungen steigender und fallender GW-Stände),
- des Grundwassergefälles,
- der Abstandsgeschwindigkeit und
- der Grundwasserfließrichtung.

Diese Grunddaten zur Grundwasserdynamik sollten in das hydrogeologische Basis- oder Standortmodell eingearbeitet werden. Eine derartige hydraulische Charakterisierung wird als Grundvoraussetzung für die Aufstellung von Monitoringplänen und die Interpretation der Monitoringergebnisse erachtet.

### **7.2.2 Verlagerung zur Tiefe**

Hinsichtlich der Kenntnisse zur vertikalen Schadstoffverteilung und einer potenziellen Verlagerung von Schadstoffen zur Tiefe ist festzuhalten:

- Eine Verlagerung der Schadstoffe zur Tiefe ist nur im Ausnahmefall zu beobachten.



- Eine systematische tiefendifferenzierte Charakterisierung der Schadstofffahnen liegt in der Regel nicht vor.
- Der Ausschluss der Möglichkeit einer Tiefenverlagerung von Schadstoffen erfolgt im Regelfall nicht durch Untersuchungen am Standort, sondern durch Bewertung der regionalen Geologie.

**Fazit:** Die vertikale Differenzierung der Schadstoffverteilung in der Schadstofffahne ist im Regelfall gegenüber der horizontalen Auflösung deutlich schlechter.

**Empfehlungen:** 1) Eine bessere Tiefendifferenzierung der Schadstoffverteilung in der Fahne ist grundsätzlich wünschenswert. Im Regelfall sollte daher, natürlich unter Beachtung der Hydrogeologie am Standort, geprüft werden, inwieweit zumindest mehrere Messstellengruppen hier weitergehende Erkenntnisse liefern können.

2) Die Untersuchung des Grundwassers tieferer Grundwasserstockwerke sollte bei einem begründeten Verdacht der Schadstoffverlagerung zur Tiefe erfolgen.

3) Soweit sich dieser Verdacht mit hinreichender Sicherheit ausschließen lässt, kann u.E. auf Messstellen in tieferen Stockwerken im Schadensbereich verzichtet werden, da diese eine potenzielle Gefahr hinsichtlich einer Verschleppung von Schadstoffen darstellen.

### 7.2.3 Schutzgüter

Hinsichtlich betroffener Schutzgüter wurden folgende Feststellungen getroffen:

- Generell stellen die Bewertungen der Grundwasserbelastungen in hohem Maße auf Immissionsaspekte ab.
- Die Einstufung des Grundwassers als eigenständiges, nutzungsunabhängiges Schutzgut rückt demgegenüber teilweise in den Hintergrund.
- Der (potenzielle) Schadstoffeintrag in Oberflächengewässer wird in den einzelnen Vorhaben völlig konträr gehandhabt.

- Konkrete alternative Handlungsoptionen zu MNA sind auch bei Vorhaben mit Grundwassernutzungen in der Nähe der Schadstofffahnen nicht durchgängig formuliert, obgleich dort im Regelfall „Polzeibrunnen“ untersucht werden.
- Eine systematische Erfassung bzw. ein sicherer Ausschluss von Grundwassernutzungen im Fahnenbereich ist nicht immer gegeben.

**Fazit:** Bei den Erwägungen für die Zulassung von MNA spielen Nutzungsaspekte eine wichtige Rolle. Hinsichtlich der konkreten Umsetzung eines ausreichenden Immissionsschutzes wird noch Handlungsbedarf gesehen.

**Empfehlungen:**

- 1) Soweit im Umfeld von Schadstofffahnen Grundwassernutzungen bekannt sind, ist die Anordnung und regelmäßige Untersuchung von Polzeibrunnen zwingend erforderlich. Hinsichtlich der Handlungsoptionen bei der Bewertung der Ergebnisse werden Alarmpläne mit konkreten Vorgaben für zwingend erforderlich gehalten.
- 2) Soweit nicht regelmäßig untersuchte Grundwassernutzungen im Bereich von Schadstofffahnen (z.B. Gartenbrunnen) nicht vollständig ausgeschlossen werden können, sollten diese ggf. durch geeignete Mittel (z.B. Allgemeinverfügung) unterbunden werden.
- 3) Hinsichtlich der Bewertung der Infiltration kontaminierten Grundwassers in Oberflächengewässer sollten eindeutige Vorgaben formuliert werden.

#### **7.2.4 Prozessverständnis Schadstoffminderung**

Hierzu ist festzustellen:

- Ein grundsätzliches Prozessverständnis für die zu erwartenden Schadstoffminderungsprozesse ist meist aus theoretischen Erwägungen heraus gegeben.
- Auch mit aufwendigen Laboruntersuchungen gelingt es nicht durchgängig, diese Prozesse nachzuweisen.

- Eine Bilanzierung und Quantifizierung der Prozesse auf Basis von Laborergebnissen erweist sich aufgrund der Komplexität der Systeme, aber auch aufgrund labortechnischer Grenzen als äußerst schwierig.
- Eine belastbare Quantifizierung der Frachtminderung und damit der Abbauprozesse ist bei Immissionspumpversuchen erreichbar, die jedoch nur im Ausnahmefall zur Anwendung kommen.
- In mehreren Vorhaben gelang trotz negativ verlaufender Laboruntersuchungen ein plausibler Nachweis der Abbauprozesse durch die Anwendung von Stofftransportmodellen.

**Fazit:** Ein laboranalytischer Nachweis von Schadstoffabbauprozessen und darauf aufbauend eine Quantifizierung von Abbauraten im Feld ist in der Praxis äußerst schwierig und zudem sehr kostenträchtig.

**Empfehlungen:** 1) Beim Nachweis und der Quantifizierung von Schadstoffminderungsprozessen sollte dem Einsatz von Stofftransportmodellen und Immissionspumpversuchen breiterer Raum eingeräumt werden.

2) Bei der Quantifizierung von Minderungsprozessen sollten bei Bedarf Stoffmengenkonzentrationen gegenüber Massenkonzentrationen bevorzugt werden.

### 7.2.5 Schadstoffquelle

Hinsichtlich des Umgangs mit der Schadstoffquelle wurde festgestellt:

- Die Entfernung, signifikante Verringerung oder vollständige Abschirmung der Schadstoffquelle wird bei der Umsetzung von MNA in der Vollzugspraxis häufig nicht als zwingende Voraussetzung angesehen.
- Vielmehr wird MNA regelmäßig als Alternative zur aktiven Sanierung angesehen. Anzumerken ist hier, dass, soweit eine Quellensanierung erfolgt ist, es gängige Praxis ist, die Fahne sich selbst zu überlassen, ohne dass hierfür über reines Monitoring hinausgehende Ansätze umgesetzt werden.

- Eine Quantifizierung des Schadstoffinventars in der Quelle ist meist nicht gegeben.
- Kenntnisse zu den Austragsraten aus der Schadstoffquelle liegen bei etwa der Hälfte der Vorhaben vor.

**Fazit:** Gegenüber den Vorschlägen des LABO-PoP /3/ kommt der Quellensanierung bei MNA-Vorhaben in der Vollzugspraxis eine deutlich geringere Bedeutung zu.

**Empfehlung:** Soweit keine vollständige Quellensanierung erfolgt, sollte eine belastbare Inventarisierung des Schadstoffpotenzials in der Quelle sowie des Emissionsverhaltens der Quelle (beispielsweise durch Immissionspumpversuche) Grundelement von MNA-Konzepten sein.

## 7.2.6 Prognose

Zur Begrifflichkeit der Prognose sind u.E. Unschärfen im LABO-PoP/3/ gegeben:

- Soweit sich konkrete Ausführungen zur Prognose im Positionspapier finden, ist es durchaus legitim, dass die Prognose lediglich die Quasi-Stationarität der Schadstofffahne annimmt. Der Nachweis hierüber kann dabei auch durch Auswertungen von Monitoringkampagnen aus der Vergangenheit erfolgen.
- Eine Prognose hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs der Regression einer Schadstofffahne ist nicht explizit gefordert.
- Andererseits wird das Vorliegen einer derartigen Prognose beispielsweise in Abschnitt 6.3 des Positionspapiers insofern vorausgesetzt, als dort ausgeführt wird, aus der Prognose ließe sich der zu erwartende Zeitraum für MNA abschätzen.

Bei der Untersuchung der 24 Standorte wurde zur Prognose festgestellt:

- Bis auf zwei Vorhaben, die eine Prognose hinsichtlich einer Regression der Schadstofffahne zum Gegenstand haben, wird überwiegend auf die erwartete Quasi-Stationarität der Schadstofffahne abgestellt.

- Nachdem die Quasi-Stationarität der Schadstofffahne andererseits Voraussetzung für die Anwendung von MNA ist, wurde vielfach ausgeführt, es „gäbe keine Prognose“.
- Die Aufstellung einer Prognose hinsichtlich einer Regression der Schadstofffahne oder des zu erwartenden Zeitraums für MNA wird überwiegend nicht für möglich gehalten.

**Fazit:** Eine Prognose hinsichtlich zu erwartender Regressionen von Schadstofffahnen spielen in der Vollzugspraxis von MNA keine große Rolle. Geschuldet ist dies den Unsicherheiten bei der Quantifizierung von Quellstärke sowie Austrags- und Abbauraten.

**Empfehlungen:** keine

### **7.2.7 Gesamtfazit Voraussetzungen für MNA**

Auf eine übergreifende Zusammenfassung wird verzichtet. Dennoch sei an dieser Stelle eine Fragestellung aufgeworfen, die bezüglich der Begrifflichkeit und Anwendung von MNA als wichtig erachtet wird: Wie ist mit Standorten umzugehen, die die Voraussetzungen nicht erfüllen?

Tatsächlich wurden im Rahmen der Studie Standorte untersucht, die elementare Voraussetzungen für die Anwendung von MNA nicht erfüllen. So war beispielsweise an zwei Standorten eine weitere Ausbreitung der Schadstoffe im Grundwasser gegeben. Eine technische Sanierbarkeit der Standorte wird mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln und Methoden in Abrede gestellt.

Dennoch sind an beiden Standorten

- schadstoffmindernde Prozesse nachgewiesen, auch wenn die Nachlieferung aus der Quelle stärker ist als die Schadstoffminderung, und
- regelmäßige Monitoringmaßnahmen zur Feststellung der Schadstoffsituation und der Abbauvorgänge vorgesehen.

Insbesondere bei komplexen, zumindest derzeit als nicht sanierbar eingeschätzten Schadensfällen mit noch gegebener Ausbreitung der Schadstoffe sollte der Untersuchung der Schadstoffminderungsprozesse und der Fahndynamik höchste Priorität

eingräumt werden. Hierfür werden die bei der Prüfung und Umsetzung von MNA angewandten Methoden grundsätzlich als geeignet eingestuft. Es wird daher ange-regt, die methodischen Hinweise des Anhangs 2 des LABO-PoP /3/ ausdrücklich auch bei großen und komplexen Schadensfällen, für die zumindest derzeit keine Möglichkeit der Sanierung gesehen wird, zur Anwendung zu empfehlen. Die dabei anfallenden, möglicherweise hohen Aufwendungen für das Monitoring, die Modellie-rung und sonstige Untersuchungen wären dem Umfang der Schäden sicherlich an-gemessen und würden eine tragfähige Basis für die laufende Prüfung einer Sanierbarkeit ergeben.

Für eine Ausweitung der Anwendbarkeit von MNA auf derartige Fälle wird keine Basis gesehen. Einerseits widerspräche dies den Grundprinzipien der in Deutschland ein-geführten diesbezüglichen Regelwerke. Andererseits könnte dann mit wenigen Aus-nahmen bei der überwiegenden Zahl der Altlasten und schädlichen Bodenverände-rungen die Anwendung von MNA trotz nicht gegebener Voraussetzungen begründet werden.

## **7.3 Handlungsrahmen**

### **7.3.1 Verfahrensabläufe und Dokumentation**

Eine Empfehlung zum schrittweisen Vorgehen bei der Aufstellung und Umsetzung von MNA-Konzepten findet sich in Anhang 1 des LABO-PoP /3/. Zur Umsetzung die-ses Vorgehens wurde folgendes festgestellt:

- Die Inhalte dieser Empfehlung können als bekannt vorausgesetzt werden. Grundsätzlich wird auch versucht, die wesentlichen Inhalte aufzugreifen und abzuarbeiten.
- Die einzelnen Punkte werden dabei meist iterativ in mehreren Schritten abge-arbeitet und sind somit in mehreren Gutachten dokumentiert. Teilweise wird für Nachweise oder Auswertungen auch auf Gutachten aus der Vergangenheit zu-rückgegriffen.
- Eine übergreifende Zusammenfassung aller Untersuchungen in systematisier-ten (Zwischen)berichten erfolgt häufig nicht.

- Entscheidungen werden häufig in Besprechungen getroffen und in Protokollen dokumentiert.
- Nachdem in vielen Vorhaben die Abarbeitung in einer derart konsensualen Form abgestimmt wird, verschwimmen die Grenzen zwischen den einzelnen Bearbeitungsschritten. So ist in einzelnen Vorhaben nicht definiert auszumachen, in welcher Phase sich das Vorhaben befindet sowie ob und ggf. seit wann MNA umgesetzt wird, sich noch in der Nachweisphase der Wirksamkeit befindet oder ob gerade die Entscheidung über MNA getroffen wird.
- Befördert wird dieser Zustand dadurch, dass Schritt III (die behördliche Entscheidung) in der Praxis wenig systematisiert und formell ist.

**Fazit:** Auch wenn bei der Erstellung von MNA-Konzepten wesentliche Anforderungen des Positionspapiers berücksichtigt werden, sind die Abfolge der einzelnen Schritte sowie die zusammenfassende Dokumentation der Ergebnisse und Entscheidungen häufig verbesserungswürdig.

**Empfehlung(en):** 1) Am Ende der einzelnen Schritte sollte jeweils eine formalisierte Zusammenfassung der Ergebnisse stehen.

2) Hilfreich wäre es, wenn für diese Zwischenberichte sowie das MNA-Konzept Mustergliederungen oder –inhaltsangaben, vergleichbar zum Anhang 3 BBodSchV für Sanierungsuntersuchung und -plan, zur Verfügung stünden.

3) Auch bei konsensualer Projektabwicklung sollten behördliche Entscheidungen in ausreichender Form als Verwaltungsakt erkenntlich sein.

### **7.3.2 Konkretisierungen und Quantifizierungen**

Seitens des LABO-PoP /3/ werden zu einer Reihe von Sachverhalten Konkretisierungen und Quantifizierungen vorausgesetzt. Hierzu wurde festgestellt:

- Belastbare Quantifizierungen von Quellstärken im Schadenszentrum und der Fahne sind die Ausnahme.

- Räumlich differenzierte Erkenntnisse zu Frachten sind nicht als Standard anzusehen.
- Die konkreten Kenntnisse zur Abbaukinetik sind relativ begrenzt.

**Fazit:** In der Vollzugspraxis ist die exakt quantifizierte Kenntnis der einzelnen Prozesse deutlich geringer ausgebildet, als dies bei Studium des Positionspapiers zu erwarten wäre. Das Systemverständnis der äußerst komplexen Abläufe bei komplexen Schadensfällen ist demgegenüber in deutlich höherem Maße qualitativ ausgebildet. Die zeitlich spezifizierte Vorhersage von Ereignissen ist daher in der Praxis häufig nicht möglich.

**Empfehlung(en):** keine

### **7.3.3 Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessen**

Zentrale Bedeutung bei der Entscheidung über das Erfordernis von (Sanierungs)maßnahmen und die Durchführbarkeit von MNA kommen der Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessensausübung der Behörde zu. Hierzu wurde festgestellt:

- Eine angemessene Differenzierung in Entschließungs- und Auswahlermessen ist in der Praxis häufig nicht erkennbar.
- Eine nachvollziehbare Begründung und schriftliche Dokumentation von Verhältnismäßigkeitsprüfungen ist in der Regel nicht gegeben.
- Eine formelle und belastbare Verhältnismäßigkeitsprüfung scheitert in der Praxis häufig am Fehlen konkreter Maßnahmenziele.
- Vorläufige Maßnahmenziele, die im Zuge einer mehrstufigen Verhältnismäßigkeitsprüfung angepasst wurden, konnten in keinem Vorhaben festgestellt werden.
- Erwägungen zur Verhältnismäßigkeitsprüfung werden häufig bereits durch Planer oder Gutachter vorgenommen. Dies ist zunächst richtig und gemäß Anhang 3 BBodSchV Bestandteil der Sanierungsuntersuchung. Problematisch ist dabei, dass häufig Varianten aus rein monetären Gründen vorzeitig ausgeschlossen und nicht weiter untersucht werden.



- Die größte Unsicherheit besteht in der Praxis bei der Bewertung der Angemessenheit einer Maßnahme. Daher stehen in der Praxis meist rein finanzielle Aspekte im Vordergrund der Verhältnismäßigkeitsprüfung, ohne dass ein tatsächlicher Bezugsmaßstab vorhanden ist.
- Gerade bei großen und komplexen Schadensfällen wird häufig trotz relativ großem Schadstoffaustrag aus der Quelle argumentiert, dieser sei in Anbetracht des (ursprünglichen) Umfangs der Verunreinigung gering.

**Fazit:** Obgleich Verhältnismäßigkeitsprüfungen zentral für die Entscheidung über die Anwendbarkeit von MNA sind, werden diese häufig nicht formal korrekt durchgeführt und entsprechend begründet; zudem fehlt häufig eine angemessene schriftliche Dokumentation.

**Empfehlung(en):** 1) In derzeit in Arbeit befindlichen Arbeitshilfen zur Verhältnismäßigkeitsprüfung und Ermessensausübung im Zusammenhang mit MNA sollten neben inhaltlichen Hilfestellungen und Empfehlungen auch Vorgaben zum formellen Aufbau und zur Dokumentation der Entscheidungen gegeben werden.

2) Zentrales Element einer Arbeitshilfe müssen konkrete Hilfestellungen zur Bewertung der Angemessenheit sein.

3) Inhaltlich sollten auch folgende Aspekte in den Kontext der Verhältnismäßigkeit gestellt werden.

- Wie ist der Zeitgewinn einer aktiven Sanierungsmaßnahme gegenüber MNA hinsichtlich der Erreichung von Zielen zu bewerten?
- Welche Rolle spielt die Zeitdauer des Vorliegens einer Verunreinigung, ohne dass Maßnahmen ergriffen wurden?
- Ist die Größe / das Volumen der Fahne als Reaktionsraum als tolerabel zu bewerten (Stichwort „lokal begrenzte Schadstoffkonzentration in Gewässern“ § 4 Abs. 7 BBodSchV)?
- Spielt das Verhältnis Emission zu (ursprünglicher) Quellstärke (sprich: darf ein großer Schaden mehr emittieren?) eine Rolle in der Verhältnismäßigkeitsprüfung?

### 7.3.4 Ausgestaltung von MNA

Hinsichtlich der Ausgestaltung und Umsetzung von MNA wurde festgestellt:

- Der im Rahmen von MNA umgesetzte Untersuchungsumfang hebt sich in der Praxis deutlich von einem reinen Schadstoffmonitoring ab.
- Art und Umfang des Monitorings unterscheiden sich in der Praxis zwischen den Vorhaben erheblich, was grundsätzlich auf eine einzelfallbezogene Festlegung erforderlicher Maßnahmen zurückzuführen ist.
- Insbesondere hinsichtlich der Beprobungsintervalle sind erhebliche Differenzen auszumachen.
- Eine fachliche Begründung von Umfang und Rhythmus der Untersuchungen findet sich in der Praxis kaum.
- Der Beprobungsrhythmus ist in der Regel in festen Zeitintervallen definiert. Grundwasserdynamik und besondere Ereignisse bilden sich in den Monitoringplänen ebenso wenig wie Fließstrecken und –zeiten zwischen Beobachtungsbrunnen oder Bilanzebenen ab.
- Die Anlage definierter Bilanzebenen ist in der Praxis häufig nicht in dem Umfang ausgebildet, wie im Positionspapier gefordert.

**Fazit:** Auch wenn das Monitoring im Rahmen von MNA über ein reines Schadstoffmonitoring hinaus geht, ist dieses meist nicht nachvollziehbar begründet und berücksichtigt die Grundwasserdynamik nicht ausreichend.

**Empfehlungen:**

- 1) Eine schriftliche Begründung des vorgeschlagenen Monitorings hinsichtlich Umfang und Rhythmus sollte elementarer Bestandteil von MNA-Konzepten sein.
- 2) Bei der Festlegung der Beprobungsintervalle sollten auch die Fließstrecken und –zeiten zwischen Bilanzebenen Beachtung finden.
- 3) Grundwasserdynamik und Sonderereignisse (Hoch-/Niedrigwasser etc.) sollten bei der Erstellung von Monitoringkonzepten für MNA ausreichend Berücksichtigung finden.

4) In höherem Maße sollte der Nachweis der Frachtreduktion über Bilanzebenen im Rahmen des Monitorings erfolgen

## 8 Literatur, Quellen und Regelwerke

- /1/ BFM Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH: „Auswertung von MNA-Konzepten in Deutschland – eine Zustandsanalyse.“ Zwischenbericht, München, 5.8.2013
- /2/ Terra-, Aqua- und Sanierungskompetenzzentrum Leipzig – TASK: „Auswertung von MNA-Konzepten in Deutschland – eine Zustandsanalyse“. Leistungsbeschreibung; Leipzig, 2011
- /3/ LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, Ständiger Ausschuss Altlasten – ALA, Ad hoc Unterausschuss „Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung.“ Positionspapier, 10.12.2009
- /4/ Hessisches Landesamt für Umwelt: „Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA) .“ Handbuch Altlasten, Band 8, Teil 1; 2., überarbeitete Auflage, 2005
- /5/ Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: „Natürliche Schadstoffminderung bei Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten und schädliche Bodenveränderungen - Natural Attenuation.“ Merkblatt Nr. 3.8/3, 5. November 2004
- /6/ Kohler, Wolfgang: „Monitored Natural Attenuation – Konzepte im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg“, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), März 2006
- /7/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO): „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen.“ Erarbeitet vom gemeinsamen Unterausschuss „Gefahrenabwehr bei Grundwasserverunreinigungen und Grundwassergefährdungen“ der Ständigen Ausschüsse „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA und „Altlasten“ der LABO; Mainz, 2006