



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz

Ständiger Ausschuss Altlastenausschuss – ALA

Ad-hoc Unterausschuss „Natürliche Schadstoffminderung“

Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung

Positionspapier

Stand vom 03.02.2009

Das Positionspapier vom 01.06.2005 wurde vom Ad-hoc Unterausschuss „Natürliche Schadstoffminderung“ des Altlastenausschusses (ALA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) überarbeitet, dem folgende Mitglieder angehörten:

Dr. Peter Börke	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
Dr. Verena Brill	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Matthias Feskorn	Landesumweltamt Brandenburg
Manfred Fickus	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz
Dr. Dieter Frank	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, Saarland
Barbara Kabardin	Umweltbundesamt
Dr. Wolfgang Kohler	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg
Andreas Mitschard	Staatliches Amt für Umwelt und Natur Uecker- münde, Mecklenburg-Vorpommern
Dr. Stefan Mock	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Dr. Johannes Müller (Obmann)	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Niedersachsen
Michael Odensaß	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen
Dr. Wilfried Pinther	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Dr. Hans Wirth	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
Volker Zeisberger	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Gliederung

0	Zusammenfassung	4
1	Anlass, Arbeitsauftrag und Anwendungsbereich	5
2	Begriffsbestimmungen	6
3	Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in bodenschutz-rechtlichen Verwaltungs-verfahren	7
4	Standortbezogene Untersuchungen und Voraussetzungen für ein MNA-Konzept	11
4.1	Einleitung	11
4.2	Umgang mit der Schadstoffquelle	12
4.3	Betrachtung der Schadstofffahne	13
4.3.1	Zusammenhang zwischen Schadstoffquelle und Schadstofffahne	13
4.3.2	Identifizierung und Quantifizierung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse	14
4.3.3	Bewertung der Schadstofffahne und Prognose des Fahnenverhaltens	15
4.4	Schutz des noch nicht beeinträchtigten Grundwassers und Berücksichtigung weiterer Schutzgüter	17
4.4.1	Vorbemerkung	17
4.4.2	Schutzgüter nach dem Bodenschutz- und Wasserrecht	17
4.4.3	Betrachtung relevanter Schutzgüter	17
5	Ermessensausübung und Verhältnismäßigkeitsprüfung	18
6	Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (MNA)	20
6.1	Anforderungen an das Überwachungsprogramm	20
6.2	Beurteilungskriterien für die Überwachung	20
6.3	Zeitraum für MNA	21

ANHANG I

Empfehlungen zum Vorgehen in der Praxis

ANHANG II

Quellenverzeichnis

0 Zusammenfassung

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat auf Vorschlag ihres Ständigen Ausschusses 5 (Altlastenausschuss – ALA) einen Ad-hoc Unterausschuss eingesetzt, der sich mit der Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung beschäftigen und ein länderübergreifendes Positionspapier erstellen soll. Dieses beinhaltet

- eine Definition der Begriffe NA, MNA und ENA,
- eine Betrachtung der rechtlichen Fragen in Verbindung mit einer Einstufung in die Altlastenbearbeitung,
- Voraussetzungen für ein MNA-Konzept und
- eine Empfehlung zum Vorgehen für die Praxis.

Das Positionspapier beschränkt sich auf die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in der gesättigten Zone und enthält Aussagen zu Grundwasserschäden, die durch Altlasten verursacht wurden. In diesem Papier werden folgende Begriffe verwendet und definiert:

- **Natürliche Schadstoffminderungsprozesse** sind biologische, chemische und physikalische Prozesse, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung der Masse, der Fracht, der Toxizität, der Mobilität, des Volumens oder der Konzentration eines Stoffes im Boden oder Grundwasser führen. Zu diesen Prozessen zählen biologischer Abbau, chemische Transformation, Sorption, Dispersion, Diffusion und Verflüchtigung der Stoffe.

Natürliche Schadstoffminderung (Natural Attenuation – NA) ist das Ergebnis natürlicher Schadstoffminderungsprozesse.

- **Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (Monitored Natural Attenuation – MNA)** sind die Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen,
- **Enhanced Natural Attenuation – ENA** wird als eine „in situ“-Sanierungsmaßnahme angesehen, weil durch die Initiierung, Stimulierung oder Unterstützung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen mit dem Einbringen von Substanzen unter Nutzung naturgegebener Reaktionsräume aktiv in das Prozessgeschehen eingegriffen wird.

Für eine behördliche Entscheidung, die unter Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung und der Verhältnismäßigkeit ein Absehen von Sanierungsmaßnahmen in Verbindung mit MNA beinhaltet, wird der Kurzbezug **"MNA-Konzept"** eingeführt. Ein

MNA-Konzept enthält grundsätzlich folgende Regelungsbestandteile:

- a) Festlegung von nachprüfbar 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) Festlegung von Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen (MNA) und Berichtspflichten,
- c) Vorbehalt weiterer Maßnahmen, sofern sich die Prognose nachträglich als unzutreffend erweist, bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands.

Ein solches Vorgehen setzt Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse, deren Prognose sowie eine Überprüfung der standortbezogenen Voraussetzungen voraus und kann nur in Zusammenhang mit der Überprüfung der Verhältnismäßigkeit technisch in Betracht kommender Sanierungsmaßnahmen getroffen werden.

Bodenschutzrechtlich werden natürliche Schadstoffminderungsprozesse als beurteilungserhebliche Standortgegebenheiten eingestuft. Da die Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (MNA) nicht aktiv in das laufende Prozessgeschehen eingreift, kann sie nicht mit einer Sanierungsmaßnahme im Sinne des BBodSchG gleichgesetzt werden. Nach mehrheitlicher Auffassung kann MNA auch nicht als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme nach § 2 Abs. 8 BBodSchG eingestuft werden, worunter gleichfalls aktive technische oder administrative Maßnahmen zu verstehen sind.

Es ist vertretbar, die vorstehend unter a) – c) beschriebenen Regelungen durch eine behördliche Anordnung, durch die Zustimmung zu einem Sanierungsplan oder durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag zu treffen. Sofern die Behörde einseitig hoheitliche Anordnungen trifft, bietet sich bei Altlasten als Rechtsgrundlage für die Überwachungsmaßnahmen und Mitteilungspflichten § 15 Abs. 2 BBodSchG an (insb. bei Sanierungsmaßnahmen und ergänzender Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung).

Bei der stufenweisen Altlastenbearbeitung sind spezielle Untersuchungen der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse i. d. R. erst ab der Detailuntersuchung sinnvoll. Die Berücksichtigung der natür-

lichen Schadstoffminderung kann dann bei der Gefährdungsabschätzung erfolgen, so dass über ein MNA-Konzept erst auf Basis einer Gefährdungsabschätzung entschieden werden kann. Voraussetzung für ein MNA-Konzept ist dabei, dass eine alleinige Sanierung unverhältnismäßig ist.

Weiterhin ist es notwendig, dass standortbezogene Untersuchungen durchgeführt werden, um die Voraussetzungen für ein MNA-Konzept prüfen und anschließend im Einzelfall beurteilen zu können. Hierbei spielen folgende Themen eine entscheidende Rolle

- Betrachtung der Schadstoffquelle mit der Entscheidung, wie mit ihr umgegangen werden soll,
- Betrachtung der Schadstofffahne, insbesondere die Prognose des Fahnenverhaltens,
- Ermittlung der relevanten natürlichen Schadstoffminderungsprozesse am Standort und
- Betrachtung des noch nicht beeinträchtigten Grundwassers sowie weiterer Schutzgüter.

Als Entscheidungshilfe für die Bewertung der standortbezogenen Untersuchungen und Voraussetzungen werden Empfehlungen gegeben. Diese besagen in Kürze, dass für ein MNA-Konzept

- die Schadstoffmenge in oder der Austrag von Schadstoffen aus der Quelle reduziert werden sollte, um weitere Gefahren für das Grundwasser oder weitere Schutzgüter abzuwenden und/oder um den Zeitraum der Existenz eines Grundwasserschadens zu verkürzen,
- die Gesamtheit der frachtreduzierenden Prozesse (wie biol. Abbau, chem. Transformation, Sorption) den maßgeblichen Anteil an der Schadstoffminderung darstellen sollte und verdünnende Prozesse nur eine untergeordnete Rolle spielen sollten,
- Untersuchungsergebnisse vorliegen müssen, mit denen die Fahnenentwicklung prognostiziert werden kann und
- die Prognose ergeben sollte, dass die Schadstofffahne „quasi stationär“ oder schrumpfend ist und damit eine Verunreinigung des noch nicht betroffenen Grundwassers oder eine Gefährdung weiterer Schutzgüter ausgeschlossen werden kann.

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. Ist eine Sanierung als alleinige Maßnahme verhältnismäßig, kommt ein MNA-Konzept nicht in Be-

tracht. Die Kenntnis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen wird zudem im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung auch zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen (Auswahlermessung) und Festlegung von Sanierungszielen dienen. Die Durchführung von MNA kann dann in Verbindung mit bzw. im Anschluss an eine Sanierung angemessen sein. Es ist zu erwarten, dass MNA-Konzepte vorrangig in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen zum Tragen kommen.

Eine mögliche Vorgehensweise zur Erarbeitung eines MNA-Konzepts in der Praxis wird in einer gesonderten Anlage (Anhang I) skizziert. Diese beinhaltet folgende Schritte:

- Untersuchungen zur Ermittlung und Beurteilung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen und zur Prognose ihrer Wirksamkeit,
- die Berücksichtigung der Ergebnisse bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen und Maßnahmenzielen,
- die Planung und Durchführung der Überwachung zur Kontrolle der Wirksamkeit dieser Prozesse (MNA) und
- eine Kontrolle, dass die Maßnahmenziele dauerhaft eingehalten werden.

Im Positionspapier wird dargestellt, wie die natürliche Schadstoffminderung in der Praxis der Altlastenbearbeitung berücksichtigt werden kann. Die skizzierte systematische Vorgehensweise erlaubt eine nachvollziehbare Entscheidungsfindung. Es wird ein Weg aufgezeigt, wie die zuständigen Bodenschutzbehörden ihr Ermessen ausüben können und im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung von Maßnahmen über die Durchführung von MNA auf Basis eines MNA-Konzepts entscheiden können. Es wird jedoch auch verdeutlicht, dass es sich bei der Durchführung von MNA immer um eine Einzelfallentscheidung handelt, die in enger Abstimmung zwischen Pflichtigem und Behörde getroffen werden sollte.

1 Anlass, Arbeitsauftrag und Anwendungsbereich

Anlass

Die Beurteilung von Altlasten erfordert die Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Entwicklung von Kontaminationen im Boden und Grundwasser. Die im Rahmen der orientierenden Untersuchung und der Detailuntersuchung ermittelte Kontaminationssituation ist die Basis für die Gefährdungsabschätzung. Diese kann dann zu Sanierungs-, Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen führen.

Die Erfahrungen aus der Altlastenbearbeitung zeigen, dass der „Status quo ante“ in der Mehrzahl der schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten durch Sanierungsmaßnahmen nur begrenzt wieder herstellbar ist und vereinbarte Sanierungsziele häufig nicht erreicht werden. Dies ist meist darauf zurückzuführen, dass die Wirkung der Prozesse, die die Schadstoffausbreitung bestimmen, im Vorfeld einer Entscheidung für eine Sanierung nicht hinreichend ermittelt werden kann. Aus diesem Grund können in der Praxis oft nur bedingt geeignete bzw. begrenzt erfolgreiche Sanierungsmaßnahmen ergriffen werden. Dies kann dazu führen, dass nach einem mehrjährigen Sanierungsverlauf trotz eines weiterhin vorhandenen Schadstoffpotentials weitere kostenintensive Maßnahmen als nicht mehr verhältnismäßig angesehen werden und die Restkontamination der natürlichen Schadstoffminderung (Natural Attenuation – NA) überlassen werden soll. Vor diesem Hintergrund wird zunehmend auch im Vorfeld einer Entscheidung über eine Sanierung diskutiert, ob die natürliche Schadstoffminderung als Ergänzung oder Alternative von Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden kann. Der Kenntnis der natürlichen Schadstoffminderung, deren Beurteilung und anschließender Berücksichtigung bei der Entscheidung über Sanierungsmaßnahmen kommt damit eine zunehmende Bedeutung bei der Bearbeitung von Altlasten zu.

Die aktuelle Diskussion über die natürliche Schadstoffminderung und die zunehmende Anzahl von Anfragen bei Vollzugsbehörden bei

gleichzeitigem Fehlen von einheitlichen und vollzugstauglichen Grundlagen und Empfehlungen zeigt die Notwendigkeit auf, sich länderübergreifend mit diesem Thema zu beschäftigen und einheitlich Position zu beziehen. Derzeit existieren nur in wenigen Bundesländern Regelwerke [1, 2], die die Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse im Vollzug der Altlastenbearbeitung thematisieren.

Arbeitsauftrag

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hatte auf ihrer 24. Sitzung auf Vorschlag ihres Ständigen Ausschusses 5 (Altlastenausschuss – ALA) einen Ad-hoc Unterausschuss eingesetzt, der sich mit der **Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung** beschäftigen und hierzu ein länderübergreifendes Positionspapier erstellen soll. Hierbei waren insbesondere eine Definition der Begriffe Natural Attenuation, Monitored Natural Attenuation und Enhanced Natural Attenuation sowie deren Einstufung in die Altlastenbearbeitung vorzunehmen, die rechtlichen Aspekte zu betrachten, die Voraussetzungen für die Berücksichtigung im Vollzug zu benennen und eine mögliche Vorgehensweise in der Praxis aufzuzeigen. Es wurde mit Stand vom 01.06.2005 von der Umweltministerkonferenz per Umlaufbeschluss Nr. 17/2005 zur Veröffentlichung freigegeben und den Ländern zur Anwendung empfohlen.

Die LABO hat auf ihrer 33. Sitzung auf Vorschlag des Altlastenausschusses erneut einen Ad-hoc Unterausschuss „Natürliche Schadstoffminderung“ eingesetzt, der die Ausführungen im Positionspapier „Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung“ vom 01.06.2005 überprüfen sollte. Der Unterausschuss sollte ermitteln, ob aufgrund der im BMBF Förderschwerpunkt KORA „Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden“ erarbeiteten Ergebnisse ein Änderungs- oder Ergänzungsbedarf für das Positionspapier besteht.

Anwendungsbereich

Dieses Positionspapier beschränkt sich in seinen Ausführungen auf die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in der **gesättigten Zone** und enthält Aussagen zu Grundwasserschäden, die durch Altlasten verursacht wurden. Dadurch werden zum einen Überschneidungen mit dem Ad-hoc Unterausschuss „Sickerwasserprognose in der Detailuntersuchung“ vermieden, der u. a. die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in der ungesättigten Zone im Rahmen der Sickerwasserprognose bearbeitet. Zum anderen beginnen die Betrachtungen erst, nachdem ein Grundwasserschaden¹ festgestellt wurde, d. h. die Beurteilung, ob ein Grundwasserschaden vorliegt, ist abgeschlossen. Für diesen Arbeitsschritt wurden in einem gemeinsamen Unterausschuss von LABO und LAWA [3] Bewertungshilfen (insbesondere für die Begriffe aus § 4 Abs. 7 Bundesbodenschutzverordnung [4] (BBodSchV) „auf Dauer“, „lokal begrenzt“² und „geringe Fracht“³) erarbeitet.

Konkrete Hilfestellungen z. B. für die Anwendung von spezifischen Untersuchungsmethoden oder die Möglichkeiten von MNA bei den verschiedenen Schadstoffgruppen sind dem Förderschwerpunkt KORA des BMBF zu entnehmen, der mittels einer Handlungsempfehlung [5], einer Methodensammlung [5] und branchenspezifischen Leitfäden [6, 7, 8, 9, 10, 11] diese Themen umfassend aufgearbeitet hat.

Der Begriff Sanierung wird in diesem Papier i. S. d. § 2 Abs. 7 Bundesbodenschutzgesetz [12] (BBodSchG) verwendet, der Sanierung definiert als aktive technische Maßnahmen

- zur Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe (Dekontaminationsmaßnahmen),
- die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern oder vermindern, ohne die Schadstoffe zu beseitigen (Sicherungsmaßnahmen) und
- zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens

2 Begriffsbestimmungen

Bei der Bearbeitung der Thematik ist es erforderlich, die derzeit in der Praxis verbreiteten, aber unterschiedlich verwendeten Begriffe **Natural Attenuation (NA)**, **Monitored Natural Attenuation (MNA)** und **Enhanced Natural Attenuation (ENA)** zu definieren und damit die Grundlage für ein einheitliches Begriffsverständnis zu schaffen. Hierbei wird für die aus den USA übernommenen Begriffe eine deutsche Nomenklatur eingeführt und für die zukünftige Verwendung in der Praxis vorgeschlagen.

Natürliche Schadstoffminderungsprozesse im Sinne dieses Papiers sind - in Anlehnung an die OSWER-Directive [13] der US-EPA - biologische, chemische und physikalische Prozesse, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Verringerung der Masse, der Fracht, der Toxizität, der Mobilität, des Volumens oder der Konzentration eines Stoffes im Boden oder Grundwasser führen. Zu diesen Prozessen zählen biologischer Abbau, chemische Transformation, Sorption, Dispersion, Diffusion und Verflüchtigung der Stoffe.

Das Ergebnis dieser Prozesse ist die **natürliche Schadstoffminderung (Natural Attenuation – NA)**.

Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (Monitored Natural Attenuation – MNA) im Sinne dieses Papiers bezeichnet Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen. Im Folgenden wird der Begriff mit **MNA** abgekürzt.

¹ Ein Grundwasserschaden liegt dann vor, wenn im Grundwasser die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) überschritten wird.

² Der Begriff „lokal begrenzt“ bezieht sich ausschließlich auf Stoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge ins Grundwasser, die nur lokal begrenzt zu erhöhten Stoffkonzentrationen im Grundwasser führen. Er beschreibt nicht, ob die Schadstofffahne lokal begrenzt im Sinne von stationär (ortfest) ist. Zu weiteren Ausführungen siehe [3].

³ Der Begriff „geringe Fracht“ bezieht sich ausschließlich auf Stoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge ins Grundwasser und nicht auf Frachten im Grundwasser selber. Zu weiteren Ausführungen siehe [3].

Enhanced Natural Attenuation – ENA wird hier als eine „in situ“-Sanierungsmaßnahme angesehen, weil durch die Initiierung, Stimulierung oder Unterstützung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen mit dem Einbringen von Substanzen unter Nutzung naturgegebener Reaktionsräume aktiv in das Prozessgeschehen eingegriffen wird. ENA wird in diesem Positionspapier als Sanierungsmaßnahme im Sinne des BBodSchG eingestuft. I. d. R. handelt es sich bei ENA um eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung im Sinne § 3 Abs. 1 Nr. 5 u. Abs. 2 Nr. 2 WHG.

Für eine behördliche Entscheidung, die unter Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung und der Verhältnismäßigkeit ein Absehen von Sanierungsmaßnahmen (vorläufig, partiell oder ausnahmsweise vollständig) in Verbindung mit MNA beinhaltet, wird im Folgenden der Kurzbegriff "**MNA-Konzept**" benutzt. Ein MNA-Konzept enthält grundsätzlich folgende Regelungsbestandteile (Kap. 3):

- 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) Festlegung von Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen (MNA) und Berichtspflichten,
- c) Vorbehalt weiterer Maßnahmen, sofern sich die Prognose nachträglich als unzutreffend erweist, bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands.

Ein solches Vorgehen setzt Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse, deren Prognose sowie eine Überprüfung der standortbezogenen Voraussetzungen voraus (Kap. 4 und Anh. I) und kann nur in Zusammenhang mit der Überprüfung der Verhältnismäßigkeit technisch in Betracht kommender Sanierungsmaßnahmen (Kap. 5) getroffen werden.

3 Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in bodenschutzrechtlichen Verwaltungsverfahren

Natürliche Schadstoffminderungsprozesse sind Teil der **beurteilungserheblichen Standortgegebenheiten** (Gegebenheiten des Einzelfalls), die bei der Durchführung und der Bewertung der Ergebnisse von orientierenden Untersuchungen und von Detailuntersuchungen zu beachten sind (§ 4 Abs. 1 und 4 BBodSchV). Eine ggf. weitergehende Untersuchung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse kann auch Inhalt einer Sanierungsuntersuchung sein.

Bei der Ermittlung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse handelt es sich um Untersuchungsmaßnahmen, deren Eignung, Erfordernis und Angemessenheit sich bei den verschiedenen Arbeitsschritten der orientierenden Untersuchung, der Detailuntersuchung und der Sanierungsuntersuchung nach den Umständen des Einzelfalls richtet.

In die stufenweise Bearbeitung von Altlasten sowie durch Altlasten verursachter Grundwasserschäden kann die natürliche Schadstoffminderung gemäß Abb. 1 einbezogen werden. Empfehlungen zum Vorgehen in der Praxis enthält Anhang I.

Zweck der **orientierenden Untersuchung (OU)** ist nach § 2 Nr. 3 BBodSchV die Feststellung, ob der Verdacht einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG besteht (etwa durch den hinreichenden Verdacht einer von der betreffenden Fläche ausgehenden Gewässerverunreinigung).

Diese Aufgabe obliegt i. d. R. der zuständigen Behörde („Amtsermittlung“). Aufgrund der Fragestellung (Gefahrenerforschung, noch keine Gefahrenabwehr- bzw. Schadensbeseitigungsmaßnahmen) ist die Behörde angehalten, mit geringst möglichem Aufwand eine Klärung herbeizuführen. Deshalb ist eine Untersuchung schadstoffmindernder Prozesse grundsätzlich bei der orientierenden Untersuchung nicht erforderlich.

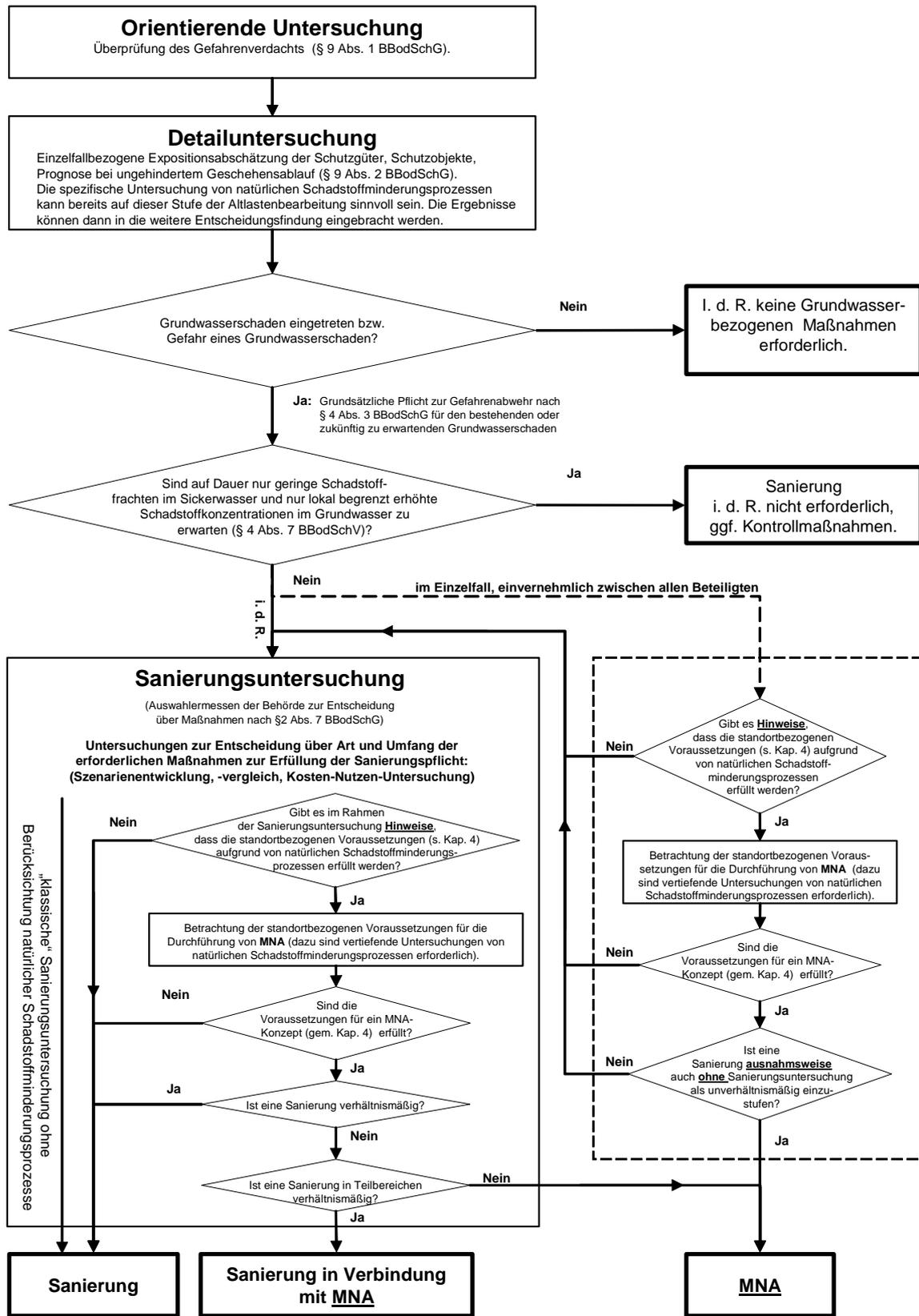


Abb. 1: Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung.

Ist beabsichtigt, in eine nachfolgende Untersuchungsanordnung auch die Ermittlung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse oder dafür maßgebliche Faktoren einzubeziehen, müssen die vorliegenden Erkenntnisse jedoch eine Einschätzung der Bedeutung dieser Prozesse im betreffenden Fall erlauben.

Besteht aufgrund des Ergebnisses der orientierenden Untersuchung oder sonst ermittelter konkreter Anhaltspunkte der hinreichende Verdacht einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung, kann die zuständige Behörde nach § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG anordnen, dass ein Pflichtiger die notwendigen Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung durchzuführen hat (**Detailuntersuchung - DU**). Dies schließt Untersuchungen zur Abschätzung der Entwicklung der von einer Altlast hervorgerufenen Auswirkungen ein. Bei einem festgestellten altlastbedingten Grundwasserschaden können dem Pflichtigen auf dieser Stufe grundsätzlich auch Untersuchungen zur Ermittlung schadstoffmindernder Prozesse aufgegeben werden. Auch Untersuchungsreihen zur Ermittlung zeitlicher Verläufe von Schadstoffminderungsprozessen können Gegenstand von Untersuchungsanordnungen nach § 9 Abs. 2 Satz 1 BBodSchG sein: Nach § 3 Abs. 7 BBodSchV kommen im Rahmen solcher Anordnungen „auch wiederkehrende Untersuchungen der Schadstoffausbreitung und der hierfür maßgebenden Umstände in Betracht“.

Bei der sachgerechten Ermittlung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse handelt es sich überwiegend um aufwändige, spezifische und über die übliche Ermittlung von Schadstoffkonzentrationen zum Teil weit hinausgehende Untersuchungen, die neben der quantitativen Abschätzung auch eine Prognose der Wirkung der Prozesse beinhalten. Eine Verpflichtung zur Abschätzung der Entwicklung der von einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung hervorgerufenen Auswirkungen folgt grundsätzlich aus § 9 Abs. 2 BBodSchG. Ob und bei welchem Ermittlungsstand spezielle Untersuchungen für diesen Zweck angezeigt sind und ob sie einem Pflichtigen aufgegeben werden können, lässt sich daher nur im Einzelfall und im Hinblick auf die weiteren beabsichtigten Maßnahmen entscheiden. Aus Verhältnismäßigkeitsgründen

werden entsprechende Anordnungen in einem eher geringen Anteil der Fälle in Betracht kommen. Eine Anordnung wird insbesondere dann ausscheiden, wenn bereits absehbar ist, dass die natürliche Schadstoffminderung bei der Ableitung bzw. Anordnung weiterer Maßnahmen keine maßgebende Rolle spielt.

Eine vertiefende Untersuchung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse setzt also ggf. voraus, dass die Behörde aufgrund von Zwischenergebnissen entsprechende Überlegungen (teilweises oder vollständiges Absehen von einer Sanierungsanordnung) anstellt und dies dem Verpflichteten mitteilt.

Es steht dem nach § 4 Abs. 3 ff. BBodSchG Verpflichteten jedoch frei, derartige Untersuchungen auf eigene Initiative durchzuführen und die Ergebnisse in die weitere Entscheidungsfindung einzubringen.

Entsprechende Ergebnisse sind bei der Entscheidung über weitere Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu berücksichtigen. Weiterhin dienen diese Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung noch nicht beeinträchtigter Schutzgüter.

Bei der Ermittlung geeigneter, erforderlicher und angemessener Maßnahmen zur Erfüllung der Pflichten zur Gefahrenabwehr im Rahmen einer **Sanierungsuntersuchung (SU, § 13 Abs. 1 BBodSchG)** können natürliche Schadstoffminderungsprozesse untersucht und berücksichtigt werden, wenn die Überwachung der Wirksamkeit solcher Prozesse als Begleitmaßnahme von Sanierungsmaßnahmen in Betracht kommt. Die Ermittlung relevanter schadstoffmindernder Prozesse und die quantitative Abschätzung ihrer Wirksamkeit, die bei der behördlichen Entscheidung über Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen ist, müssen spätestens auf dieser Stufe der Altlastenbearbeitung erfolgen. An dieser Stelle können insbesondere Varianten untersucht werden, nach denen Sanierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von nachgewiesenen natürlichen Schadstoffminderungsprozessen zum Erreichen des Sanierungszieles führen können. § 13 Abs. 1 bietet wie § 9 Abs. 2 BBodSchG eine Rechtsgrundlage dafür, dass die Bodenschutzbehörde entsprechende Untersuchungen fordert.

Die **Entscheidung der Bodenschutzbehörde**, unter Berücksichtigung von Erkenntnissen über die natürliche Schadstoffminderung teilweise oder vollständig von einer Sanierungsanordnung abzusehen (Ermessen nach § 10 Abs. 1 BBodSchG), setzt zwingend geeignete Untersuchungen über Art und Ausmaß der natürlichen Prozesse sowie eine Prognose ihrer Wirksamkeit und der künftigen Schadstoffausbreitung voraus.

Eine Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung kann nur im Zusammenhang mit der Überprüfung der standortbezogenen Voraussetzungen (Kap. 4) und im Zusammenhang mit der Überprüfung der Verhältnismäßigkeit technisch in Betracht kommender Sanierungsmaßnahmen (Kap. 5) erfolgen.

Eine behördliche Entscheidung, die unter Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung und der Verhältnismäßigkeit ein Absehen von Sanierungsmaßnahmen (vorläufig, partiell oder ausnahmsweise vollständig) in Verbindung mit MNA beinhaltet, 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) Festlegung von Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen (MNA) und Berichtspflichten,
- c) Vorbehalt weiterer Maßnahmen, sofern sich die Prognose nachträglich als unzutreffend erweist, bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands.

Die Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (**MNA**) kann verschiedenste technische Schritte umfassen. Diese reichen von der Probennahme (Grundwasser, ggf. Boden oder Bodenluft), über die Analytik gefahren- und prozessbezogener Parameter und Auswertung/Beurteilung der Analysenergebnisse bis hin zur Überprüfung des prognostizierten Prozessgeschehens. Bei MNA werden im Grundsatz „nur“ noch die zuvor als relevant ermittelten Prozesse mit der Fragestellung überwacht,

ob sie weiterhin so ablaufen und zu einer Schadstoffminderung führen, wie sie zum Zeitpunkt der Entscheidung für ein MNA-Konzept festgestellt und beurteilt wurden und damit den Verzicht auf einen Teil einer Sanierungsmaßnahme ermöglicht haben.

Es ist vertretbar, die vorstehend unter a) – c) beschriebenen Regelungen durch eine behördliche Anordnung, durch die Zustimmung zu einem Sanierungsplan oder durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag zu treffen. Sofern die Behörde einseitig hoheitliche Anordnungen trifft, bietet sich bei Altlasten als Rechtsgrundlage für die Überwachungsmaßnahmen und Mitteilungspflichten § 15 Abs. 2 BBodSchG an (insb. bei Sanierungsmaßnahmen und ergänzender Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung). Die nach § 4 Abs. 3, 5 und 6 BBodSchG „Verpflichteten“ lassen sich als Bezeichnung eines Personenkreises interpretieren, von dem die Behörde gemäß § 15 Abs. 2 BBodSchG Eigenkontrollmaßnahmen auch dann verlangen kann, wenn sie nicht zugleich Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen fordert. Sofern die Überwachungsmaßnahmen maßgeblich dadurch zu rechtfertigen sind, dass der Erfolg von Sanierungsmaßnahmen beobachtet werden soll, die nicht sämtliche Schadstoffe beseitigt haben, kommt eine Rechtfertigung gemäß § 15 Abs. 2 Satz 4 BBodSchG in Betracht.

Nach der Entscheidung, aufgrund von Erkenntnissen über die natürliche Schadstoffminderung teilweise oder vollständig von einer Sanierungsanordnung abzusehen, bleibt das Verwaltungsverfahren weiter anhängig, wie sich an den fortlaufenden Überwachungs- und Mitteilungspflichten sowie den entsprechenden Prüfungen durch die Behörde und ggf. eines Sachverständigen zeigt. Es ist davon auszugehen, dass natürliche Schadstoffminderungsprozesse erheblich längere Zeit benötigen, um ein definiertes Ziel der Schadstoffminderung zu erreichen, als Sanierungsmaßnahmen i. S. d. BBodSchG. Die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse laufen auch ohne ein menschliches Eingreifen und ohne Überwachung im Sinne von MNA ab. Die Überwachungsregelungen eines MNA-Konzepts stellen „lediglich“ sicher, dass für alle Beteiligten nachvollziehbar ist, inwieweit die natürlichen

Prozesse weiterhin so ablaufen, wie sie zum Zeitpunkt der Entscheidung ermittelt wurden. Aufgrund der Möglichkeit, die Wirksamkeit der Prozesse überprüfen zu können, kann die Behörde bei nicht ausreichender Wirksamkeit z. B. einschreiten und ggf. andere Maßnahmen ergreifen.

Der nach § 4 Abs. 3 BBodSchG Verpflichtete muss also auch für sich abwägen, ob er diesen Zeitfaktor - der den Wert seines Grundstücks negativ beeinflussen kann - in Kauf nimmt. Er muss ebenso wie die Behörde daran interessiert sein, die Kriterien, unter denen das insgesamt zu erzielende Ergebnis als endgültig erreicht angesehen wird (Punkt a) der Regelungen über ein MNA-Konzept) und somit das bodenschutzrechtliche Verfahren endet, sorgfältig festzulegen.

Vieles spricht dafür, dass ein MNA-Konzept in der überwiegenden Zahl der Fälle die Berücksichtigung und Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung als Ergänzung zu oder in Verbindung mit einer Sanierungsmaßnahme enthalten wird und sich in diesen Fällen eine gesonderte rechtliche Einstufung erübrigt.

Da die Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse (MNA) nicht aktiv in das laufende Prozessgeschehen der Schadstoffminderung eingreift, kann sie nicht mit einer Sanierungsmaßnahme i. S. d. BBodSchG gleichgesetzt werden.

MNA stellt nach mehrheitlicher Auffassung auch keine Schutz- und Beschränkungsmaßnahme nach § 2 Abs. 8 BBodSchG dar, worunter gleichfalls aktive technische oder administrative Maßnahmen zu verstehen sind, wie z. B. Einzäunungen, Warneinrichtungen oder Nutzungsbeschränkungen. Die Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung ist mit aktiven Maßnahmen dieser Art nicht gleichzusetzen.

4 Standortbezogene Untersuchungen und Voraussetzungen für ein MNA-Konzept

4.1 Einleitung

Spezielle Untersuchungen zur Ermittlung der natürlichen schadstoffmindernden Prozesse sind bei der stufenweisen Altlastenbearbeitung i. d. R. erst ab der Detailuntersuchung sinnvoll. Die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung kann dann im Rahmen der Gefährdungsabschätzung erfolgen. Folglich kann über ein MNA-Konzept erst auf Basis einer Gefährdungsabschätzung entschieden werden. Die Durchführung von MNA wird in der Mehrzahl der Fälle nach einer Sanierungsuntersuchung in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen zu erwarten sein und selten als alleinige Maßnahme an einem Standort durchgeführt werden.

Um eine einheitliche und nachvollziehbare Beurteilung zu ermöglichen, werden nachfolgend standortbezogene Voraussetzungen für ein MNA-Konzept aufgestellt. Damit soll geprüft werden, ob MNA in Teilbereichen eines Grundwasserschadens als Ergänzung oder Alternative zu Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden kann. Die Prüfung dieser Voraussetzungen stellt eine Einzelfallbetrachtung dar. Dies bedeutet einerseits, dass im Falle der Nichterfüllung einzelner Voraussetzungen nicht automatisch ein MNA-Konzept ausgeschlossen ist. Andererseits besteht bei Erfüllung der Voraussetzungen kein Anspruch auf ein MNA-Konzept. Die standortbezogenen Untersuchungen und die zu prüfenden Voraussetzungen betreffen die Themen Schadstoffquelle, Schadstofffahne, Prozessverständnis, Prognose und die Betrachtung weiterer Schutzgüter.

4.2 Umgang mit der Schadstoffquelle

Der Umgang mit der Schadstoffquelle⁴ - z. B. in Form einer vollständigen oder teilweisen Dekontamination oder Sicherung (hydraulisch oder bautechnisch) - wirkt sich auf die Verhältnisse in der Schadstofffahne⁵ aus und ist bei einem MNA-Konzept zu berücksichtigen.

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.

Abb. 2 verdeutlicht an einem skizzierten Grundwasserschaden, wo das Austragsverhalten aus der Quelle und die Schadstofffracht in der Fahne anhand von Bilanzebenen zu betrachten sind.

Die Anforderungen an die Charakterisierung der Schadstoffquelle sind u. a. abhängig vom geplanten Sanierungsverfahren. Während z. B. bei geplanten Auskofferungsmaßnahmen die Kenntnis über die Lage der Quelle im Vordergrund steht, spielt bei hydraulischen Sicherungsmaßnahmen darüber hinaus die vorhandene Schadstoffmasse eine bedeutende Rolle, da diese den Umfang der notwendigen Sicherungsmaßnahmen mitbestimmt. Für ein MNA-Konzept ist die Charakterisierung der Schadstoffquelle unverzichtbar: Die Masse und das Austragsverhalten der Schadstoffe müssen abgeschätzt werden, denn diese beeinflussen die zeitliche und räumliche Entwicklung der Schadstofffahne.

Die Betrachtungen zur Quelle haben damit einen bedeutsamen Einfluss auf die Prognose der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse und auf die Durchführung von MNA. Für den Fall, dass **keine** Sanierungsmaß-

nahmen durchgeführt werden sollen, ist die Frage, wie die Quelle emittieren wird, von entscheidender 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)

Eine Begrenzung der Emission durch Sanierungsmaßnahmen kann bewirken, dass anschließend der Austrag in das Grundwasser als unerheblich eingeschätzt werden kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn prognostiziert wird, dass aufgrund natürlicher Schadstoffminderung die Schadstoffgehalte im Abstrom dauerhaft die Gefahrenschwelle unterschreiten. Durch eine Sanierung der Schadstoffquelle wird darüber hinaus der Zeitraum, in dem die Schadstofffahne existiert, verkürzt. Damit verkürzt sich auch der Überwachungszeitraum für den verbliebenen Grundwasserschaden.

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.

⁴ Als Schadstoffquelle werden Bereiche mobiler und residual gesättigter Phase sowie die in der Bodenmatrix der ungesättigten und gesättigten Zone festgelegten Schadstoffe bezeichnet.

⁵ Als Schadstofffahne wird das Grundwasservolumen im Abstrom einer Schadstoffquelle verstanden, in dem die Stoffkonzentrationen über der jeweiligen Geringfügigkeitsschwelle liegen.

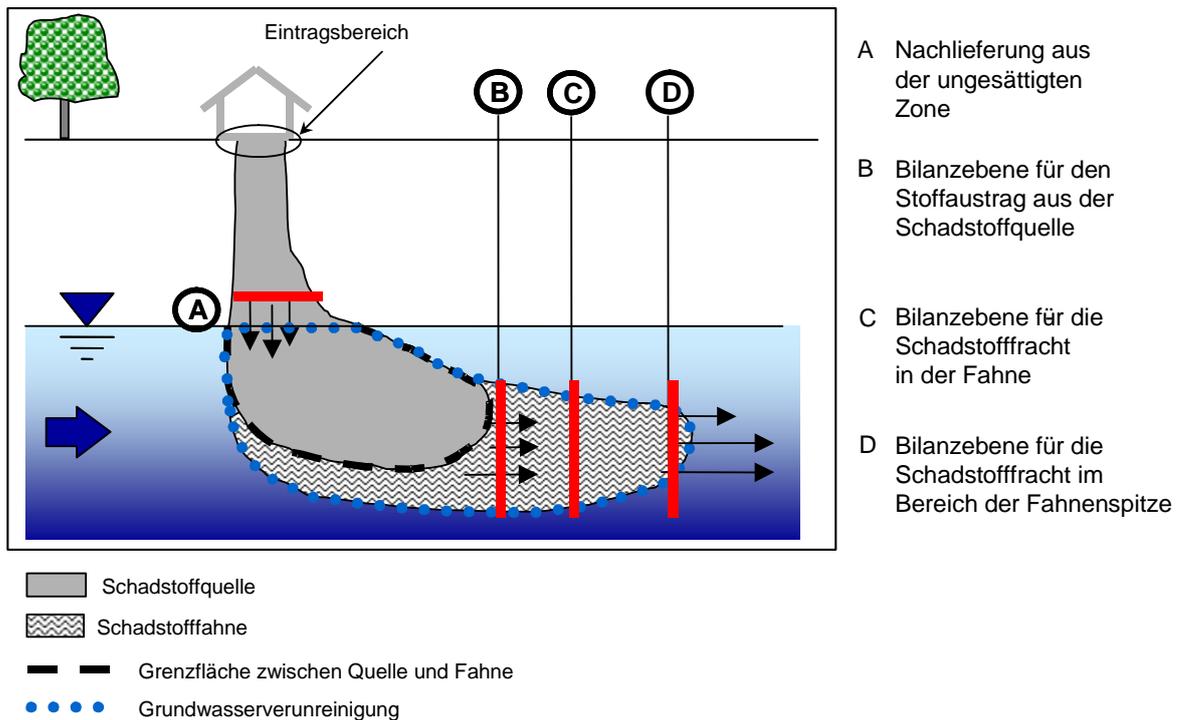


Abb. 2: Betrachtung des Stoffaustrags aus der Schadstoffquelle und der Fracht in der Fahne, verändert nach [3].

4.3 Betrachtung der Schadstofffahne

4.3.1 Zusammenhang zwischen Schadstoffquelle und Schadstofffahne

Bei Grundwasserschäden, bei denen die Schadstoffquelle noch nicht oder nur teilweise entfernt oder gesichert wurde, wirkt sich die Emission unmittelbar auf die Schadstofffahne aus. Für eine Beurteilung der Schadstofffahne müssen daher diejenigen Eigenschaften der Schadstoffquelle untersucht werden, die die Ausbildung der Schadstofffahne bestimmen.

Die Ausbildung der Schadstofffahne hängt darüber hinaus in entscheidender Weise von den Transportprozessen im Untergrund (Kap. 4.3.2) und dem hydrogeologischen Umfeld ab. Aus verschiedenen Möglichkeiten der Fahnenbildung sind einige in Abb. 3 modellhaft skizziert, die allein durch Variation hydrogeologischer Bedingungen bestimmt werden.

Zur Abgrenzung der Schadstofffahne vom noch nicht verunreinigten Grundwasser wird

der Geringfügigkeitsschwellenwert (= die Geringfügigkeitsschwelle - GFS⁶) des jeweiligen Schadstoffs bzw. der Schadstoffgruppe verwendet [14].

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

⁶ Die GFS ist ein stoffspezifischer Konzentrationswert im Grundwasser, der die Grenze zwischen einer geringfügig veränderten chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers (Grundwasserschaden) darstellt.

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).

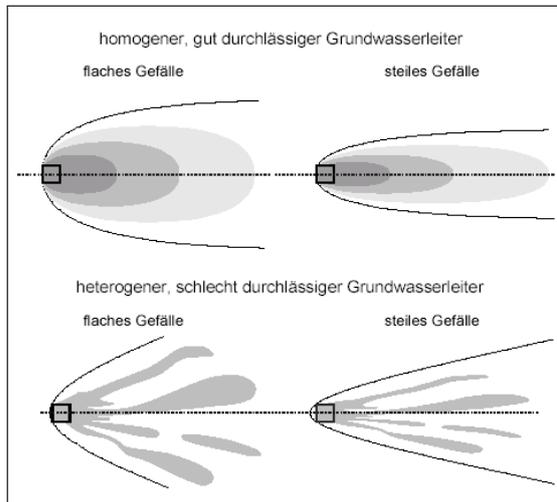


Abb. 3: Schematische Darstellung verschiedener Fahnenkonturierungen in Abhängigkeit von den hydrogeologischen Randbedingungen [15].

4.3.2 Identifizierung und Quantifizierung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse

Eine Voraussetzung für ein MNA-Konzept ist der Nachweis natürlicher Schadstoffminderungsprozesse am Standort. Hierbei ist es notwendig, zwischen zwei Arten von Prozessen zu unterscheiden: Prozesse, bei denen die **Fracht** der Schadstoffe reduziert wird (z. B. biologischer Abbau, chemische Transformation und Sorption) und Prozessen, die **nur** die **Konzentration** von Schadstoffen verringern (hydrodynamische Dispersion). Da die Unterscheidung zwischen den einzelnen Prozessen sehr aufwändig sein kann, ist zunächst der Nachweis sinnvoll, dass die Fracht im Verlauf der Schadstofffahne reduziert wird. Hierdurch können die **frachtreduzierenden Prozesse** von den **verdünnenden Prozessen** abgegrenzt werden. Für die anschließende Prognose ist dann eine Bestimmung der maßgebenden Einzelprozesse erforderlich. Da ver-

dünnende Prozesse die Fracht der Schadstoffe im Grundwasser nicht vermindern, dürfen sie bei einem MNA-Konzept nur eine untergeordnete Rolle spielen. Im Folgenden werden die einzelnen Schadstoffminderungsprozesse kurz charakterisiert. Nachweismethoden und Bewertungsverfahren sind im Förderschwerpunkt KORA entwickelt und untersucht worden. Sie sind in den jeweiligen Branchenleitfäden [6, 7, 8, 9, 10, 11] und in der Methodensammlung [5] dokumentiert.

Der **biologische Abbau** ist bei vielen Grundwasserschäden der maßgebende frachtreduzierende Prozess. Daher ist der Nachweis des Abbaus ein wichtiges Kriterium für ein MNA-Konzept. Die Unterscheidung zwischen Abbauprozessen und sonstigen schadstoffmindernd wirkenden Prozessen ist indikativ bereits in einem frühen Stadium der Untersuchungen möglich. Es bietet sich derzeit an, über routinemäßig zu bestimmende Parameter des Standorts (z. B. das Redoxpotential, die Temperatur, die Konzentration von Hydrogencarbonat) oder das Auftreten von Metaboliten indirekt Hinweise auf eine biologische Abbauprozesse zu ermitteln. An der Entwicklung von Methoden, die die Abbauprozesse „in situ“ z. B. durch die Bestimmung funktionaler Gene nachweisen, wird derzeit gearbeitet.

Für die Prognose des Schadstoffabbaus (Kap. 4.3.3) werden Abbauraten (Abnahme der Schadstoffkonzentration durch biologische Aktivität pro Zeiteinheit) benötigt. Diese Raten sind derzeit schwer am Standort zu bestimmen und werden daher gegenwärtig häufig aus der Literatur übernommen oder in Mikrokosmenstudien im Labor gewonnen. Da Mikrokosmen die Realität aber nur ungenügend nachbilden können, zeigen sie lediglich ein Abbaupotential auf. Es ist deshalb anzustreben, dass die Abbauraten für die Prozessmodellierung auch „in situ“ am Standort bestimmt werden. Dazu sind derzeit verschiedene Methoden in der Entwicklung wie spezielle Probenahmetechniken (Aufwuchskörper), molekularbiologische Methoden oder die Bestimmung der Isotopenfraktionierung durch Messung der Isotopenverhältnisse in den jeweiligen Ausgangsschadstoffen und/ oder Abbauprodukten.

Bei biologischen Prozessen muss – in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen und von der Art und Konzentration der Schadstoffe – unter natürlichen Bedingungen auch mit der Möglichkeit eines unvollständigen Abbaus gerechnet werden. Deshalb müssen Metabolite, die sich in der Fahne anreichern, ebenfalls beurteilt werden.

Chemische Transformationsprozesse können schadstoffreduzierend wirksam sein. Unter chemischer Transformation sind alle Prozesse subsummiert, die den Schadstoff in seinen chemischen Eigenschaften verändern, ohne dass Mikroorganismen direkt daran beteiligt sind. Diese Prozesse werden vorwiegend bei anorganischen Schadstoffen zu betrachten sein (z. B. Fällung). Qualitativ können chemische Transformationsprozesse über die Untersuchung der Randbedingungen (z. B. Verfügbarkeit von Reaktanden, Bestimmung der Redoxverhältnisse) abgeschätzt werden.

Die **Sorption** führt zu einer Festlegung von gelösten Schadstoffen an der Feststoffmatrix. Diese Art der Festlegung ist ein Gleichgewichtsprozess, der von der Beschaffenheit des Untergrundes und den Schadstoffeigenschaften abhängt. Je nach Lage des Gleichgewichts (oder Stärke der Wechselwirkung) sind die Stoffe schwach bis nahezu irreversibel festgelegt. Sorptionsprozesse können durch Batch- und Säulenversuche mit Standortmaterial und unter standortnahen Bedingungen (wie pH-Wert, Temperatur) quantifiziert werden. Für eine Reihe von Schadstoffen können die Sorptionsparameter näherungsweise auch aus der Literatur entnommen werden. Für die Abschätzung der Sorption organischer Schadstoffe ist es notwendig, standortspezifische Kohlenstoffgehalte im Feststoff zu ermitteln. Die Sorption kann als Prozess zur Minderung der Schadstofffracht einbezogen werden, wenn von den sorbierten Schadstoffen keine weitere Gefahr ausgeht. Dabei muss jedoch zusätzlich geprüft werden, ob durch eine Änderung der hydrochemischen und geochemischen Randbedingungen eine Desorption erfolgen kann, und wie diese zu bewerten ist.

Die **hydrodynamische Dispersion** (Summe aus Dispersion und molekularer Diffusion) ist ein Prozess, der nur die Konzentration der

Schadstoffe mindert (Verdünnung), indem die Schadstoffe auf ein größeres Volumen im Grundwasser verteilt werden. Die Heterogenität in Grundwasserleitern beeinflusst dabei in hohem Maße die longitudinale und transversale Dispersion und bestimmt damit unmittelbar die Verdünnung des Schadstoffes im Untergrund. Durch die hydrodynamische Dispersion wird die Masse der Schadstoffe im Grundwasser nicht reduziert, jedoch werden frachtreduzierende Prozesse mittelbar beeinflusst. Die Abgrenzung der Verdünnung von den Prozessen, die die Masse der Schadstoffe im Grundwasser reduzieren (im Wesentlichen der biologische Abbau) oder Schadstoffe zurückhalten (im Wesentlichen die Sorption) ist oft schwierig. Deswegen kann eine Prognose der Schadstoffreduktion sich nicht allein auf den Nachweis der Abnahme der Schadstoffkonzentration in den Messstellen stützen, da dieser Nachweis noch keinen Schluss auf den Anteil der Verdünnung an der Schadstoffminderung zulässt.

Eine Abschätzung der hydrodynamischen Dispersion kann z. B. mit Hilfe von Tracerversuchen mit „konservativen“ (nicht reaktiven) Tracern erfolgen.

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.

4.3.3 Bewertung der Schadstofffahne und Prognose des Fahnenverhaltens

Eine Bewertung der Schadstofffahne setzt voraus, dass die horizontale und vertikale Ausdehnung der Schadstofffahne bekannt ist. Zur Bewertung des Fahnenverhaltens ist eine Prognose der zeitlichen Veränderung auf Grund der Wirkung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse notwendig. Die Bewertung

des Fahnenverhaltens kann dann anhand zweier Merkmale erfolgen:

- Die Schadstofffahne bildet sich zurück, ist „quasi-stationär“⁷ oder dehnt sich weiter aus. Für die beiden ersten Fallgestaltungen bedeutet dies, dass das Ausdehnungsverhalten keine weitere Grundwasserschädigung im Abstrom erwarten lässt, sofern sich die Randbedingungen für die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse nicht ändern. Dies bedeutet, dass auch eine Verlagerung in tiefere Grundwasserleiter ausgeschlossen ist. Die dritte Fallgestaltung besagt, dass eine Gefährdung für das Grundwasser und für weitere Schutzgüter im Abstrom besteht. Eine erste worst-case Einschätzung zur Beurteilung, ob eine Schadstofffahne stationär ist, kann unter Zuhilfenahme einfacher analytischer Rechenansätze vorgenommen werden.
- Die Austragsrate der Schadstoffe aus noch vorhandenen Schadstoffquellen ist größer oder kleiner im Vergleich zur Schadstoffminderungsrate durch natürliche Prozesse in der Fahne. Sofern die Schadstoffminderungsrate größer oder gleich der Austragsrate ist, ist davon auszugehen, dass die Schadstofffahne einen „quasi-stationären“ bzw. sich zurückbildenden Zustand erreicht hat.

An die Prognose des Fahnenverhaltens werden an dieser Stelle lediglich Voraussetzungen formuliert. Es werden keine Vorgaben zum Einsatz eines mathematischen Lösungsverfahrens gemacht oder Softwareempfehlungen gegeben. Die Betrachtungen sollten jedoch auf der Basis eines konzeptionellen, hydrogeologischen Standortmodells [16] beginnen. Bei der Prognose des Fahnenverhaltens können prinzipiell folgende Möglichkeiten unterschieden werden:

- Die Prognose erfolgt auf Basis konzeptioneller Überlegungen. Dies können z. B. eine Zeitreihenanalyse von Grundwasser-

beschaffenheitsdaten (Schadstoffe, Metaboliten und Leitparameter) und eine Extrapolation dieser Zeitreihen in die Zukunft sein. Die Erfahrung hat jedoch bisher gezeigt, dass

- a) zuverlässig interpretierbare Zeitreihen nur im Ausnahmefall existieren und die Anzahl der Messstellen oft nicht ausreicht und
- b) eine Extrapolation schwierig und mit großen Unsicherheiten behaftet ist.

Die Extrapolation von Konzentrationszeitreihen kann jeweils nur an einzelnen Messstellen unter Berücksichtigung der hydraulischen Verhältnisse erfolgen.

- Die Prognose erfolgt zusätzlich modellgestützt. Eine solche Vorgehensweise ist aber nur dann sinnvoll, wenn
 - a) neben der Modellierung der Grundwasserströmung auch der Schadstofftransport sowie die Stofftransformationen modelliert werden,
 - b) die Randbedingungen am Standort (insbesondere Hydrogeologie, Hydrochemie, Charakteristik der Schadstoffquelle und der Schadstofffahne, der Prozesse und der Prozessräume) hinreichend genau bekannt bzw. abschätzbar sind, und
 - c) der notwendige Umfang der Parameterermittlung bzw. Parameteridentifikation für die Modellierung bekannt ist.

Hierbei werden mathematische Modelle, die mitunter komplexe physikalische, chemische und biologische Prozesse nachbilden können, eine Prognose aber immer auch nur auf Grundlage von z. T. unvollständig vorliegenden Daten bzw. vereinfachten, konzeptionellen Annahmen vornehmen können.

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

Die Schadstofffahne sollte „quasi-stationär“ oder schrumpfend sein.

⁷ 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.

4.4 Schutz des noch nicht beeinträchtigten Grundwassers und Berücksichtigung weiterer Schutzgüter

4.4.1 Vorbemerkung

Bei der Prüfung der standortbezogenen Voraussetzungen für ein MNA-Konzept sind insbesondere das noch nicht verunreinigte Grundwasser und weitere Schutzgüter zu berücksichtigen. Es muss daher festgestellt werden, welche weiteren Schutzgüter betroffen sind oder künftig betroffen sein können.

Der Maßstab für die Gefahrenbewertung bei altlastenbedingten Grundwasserschäden ergibt sich aus dem Wasserrecht. Bei der Prüfung der Frage, ob und in welchem Umfang Gefahrenabwehrmaßnahmen durchgeführt werden sollen, ist u. a. der Verweis in § 4 Abs. 4 BBodSchG auf die wasserrechtlichen Maßstäbe zu beachten.

4.4.2 Schutzgüter nach dem Bodenschutz- und Wasserrecht

Schutzgüter werden im BBodSchG nicht explizit definiert. Der Schutzbegriff des BBodSchG ist ausgerichtet auf die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen. Daher verpflichtet das BBodSchG bei schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie bei dadurch verursachten Gewässerverunreinigungen zur Gefahrenabwehr.

Aus § 1 und § 2 Abs. 2 BBodSchG lassen sich ohne Wertung und nicht abschließend folgende Schutzgüter ableiten:

- a) der Boden in seinen Nutzungsfunktionen (Rohstofflagerstätte, Fläche für Siedlung und Erholung, Standort für landwirt-/forstwirtschaftliche Nutzungen und Standort für wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen)
- b) Gewässer.

In der BBodSchV wird über die Definition des Wirkungspfades in § 2 Zif. 8 und der (nicht abschließenden) Benennung der Wirkungspfade in Anhang 1 ff. BBodSchV unmittelbar auf folgende Schutzgüter verwiesen:

- a) Mensch (Wirkungspfad Boden-Mensch, Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze),
- b) Grundwasser (Wirkungspfad Boden-Grundwasser).
- c) Nutzpflanze (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze).

Nach § 1a WHG sind die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu schützen. Schutzgut sind die Gewässer selbst, unabhängig von ihrer Funktion und Nutzung.

4.4.3 Betrachtung relevanter Schutzgüter

Bei der Prüfung der Voraussetzungen für ein MNA-Konzept tritt u. a. die Frage auf: Welche weiteren Schutzgüter werden durch die bereits eingetretene Schädigung des Grundwassers so betroffen bzw. in ihrer Funktion beeinträchtigt, dass eine Tolerierung dieser Belastung und damit ein MNA-Konzept nicht möglich ist.

Bei dieser vorgenannten Prüfung sind im Einzelfall insbesondere die folgenden Schutzgüter zu beachten:

- a) Der Boden in seinen natürlichen Bodenfunktionen:
z. B. Beeinträchtigung als Lebensraumfunktion auf grundwasserbeeinflussten Standorten.
- b) Der Boden in seinen Nutzungsfunktionen:
z. B. als Fläche für Siedlung und Erholung bzw. Fläche für gewerbliche Nutzung, wenn leichtflüchtige schädliche Verbindungen durch Abbauprozesse entstehen und durch Entgasung und Schadstoffanreicherung in Gebäuden eine Gefährdung hervorrufen.
- c) Oberirdische Gewässer und Grundwässer im Abstrom der belasteten Grundwasserbereiche

Für ein MNA-Konzept sollten zukünftig keine weiteren Schutzgüter beeinträchtigt werden.

5 Ermessensausübung und Verhältnismäßigkeitsprüfung

Im Rahmen der Altlastenbearbeitung übt die zuständige Behörde ihr Ermessen⁸ u. a. bei der Entscheidung zu folgenden Fragen, die insbesondere im Zusammenhang mit einem MNA-Konzept relevant sind, aus:

- a) Nach Durchführung und Bewertung der Detailuntersuchung und Feststellung der Gefahrenlage:
Ist eine Sanierungsuntersuchung und ggf. Sanierung einzuleiten oder sind andere Maßnahmen (z. B. Überwachungsmaßnahmen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) ausreichend?
- b) Bei der Auswahl der erforderlichen Maßnahmen (i. d. R. im Rahmen der Sanierungsuntersuchung):
Welche Maßnahmen zur Gefahrenabwehr sind geeignet, erforderlich und angemessen und daher durchzuführen?
- c) Bei der Festlegung der Sanierungs- bzw. Maßnahmenzielwerte:
Welche Zielwerte sind einzelfallspezifisch mit verhältnismäßigen Mitteln zu erreichen?

Zu a)

Stellt die zuständige Behörde nach Durchführung und Bewertung der Detailuntersuchung eine Gefahr für das Grundwasser bzw. einen Schaden im Grundwasser fest, entscheidet sie im Rahmen ihres Ermessens darüber, ob

Maßnahmen zur Gefahrenabwehr notwendig werden. Nach der Feststellung des Schadens ist die Behörde zum Einschreiten befugt, jedoch nicht dazu verpflichtet (§ 10 Abs. 1 Satz 1 BBodSchG: "Zur Erfüllung ... kann die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen treffen").

Nach der Gefahren-/Schadensfeststellung ist daher eine Einzelfallentscheidung über die Durchführung von Gefahrenabwehrmaßnahmen erforderlich. Im Ergebnis dieser Prüfung wird die grundsätzliche Entscheidung über die Notwendigkeit von weiteren (insbesondere Sanierungs-) Maßnahmen getroffen. Dieses Entschließungsermessen beinhaltet eine Verhältnismäßigkeitsprüfung⁹ bezüglich weiterer Maßnahmen, für die z. B. § 4 Abs. 7 BBodSchV in Betracht kommende Kriterien, wie „geringe Schadstofffracht“ oder „lokal begrenzt“ erhöhte Schadstoffkonzentration beispielhaft nennt.

Dies gilt auch für ein MNA-Konzept, sofern die standortbezogenen Voraussetzungen (Kap. 4) bereits in diesem Stadium des Entscheidungsprozesses erfüllt sind. Dies setzt jedoch voraus, dass detaillierte Untersuchungen zu Schadstoffminderungsprozessen bereits in der Detailuntersuchung durchgeführt worden sind und dass abschätzbar ist, ob Sanierungsmaßnahmen für diesen Schadensbereich unverhältnismäßig sind.

⁸ **Ermessen** bedeutet, dass die Behörde einen Handlungsspielraum besitzt, weil für den konkret zu entscheidenden Fall mehrere unterschiedliche Vorgehensweisen/Bearbeitungsmöglichkeiten rechtlich zulässig wären. Bezogen auf das BBodSchG ergibt sich aus § 10 Abs. 1, dass die Behörde die notwendigen Maßnahmen ergreifen kann aber nicht muss.

Die Behörden haben bei der Ermessensausübung stets so zu entscheiden, wie der Gesetz- bzw. Verordnungsgeber selbst den konkreten Fall vermutlich geregelt hätte. Sie haben bei ihrer Entscheidung daher neben den allgemeinen Rechtsgrundsätzen (wie z. B. Angemessenheit der Mittel, Erforderlichkeit und Zumutbarkeit für den Betroffenen) immer auch den Zweck der zur Ausübung des Ermessens ermächtigenden Vorschrift und die inhaltlichen Grenzen dieser Ermächtigung zu beachten. Durch eine Verwaltungsvorschrift kann für typische Einzelfälle vorgegeben sein, wie das Ermessen zu gebrauchen ist.

Das verwaltungsrechtliche Handeln unterscheidet zwei Ermessensformen: Ist einer Behörde beim Vorliegen bestimmter Umstände ein **Entschließungsermessen** eingeräumt, so muss sie selbst pflichtgemäß entscheiden, ob sie überhaupt tätig wird. Wenn sie tätig wird, hat die Behörde dann oft mehrere in Betracht kommende Handlungsalternativen, aus denen sie im Rahmen des **Auswahlermessens** wählen kann.

⁹ Innerhalb der Ermessensausübung kommt der Prüfung der **Verhältnismäßigkeit** eine besondere Bedeutung zu: Der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ist aus dem im Grundgesetz verankerten Rechtsstaatsprinzip hergeleitet worden und hat daher Verfassungsrang. Der rechtliche Maßstab für die Ermessensausübung ergibt sich aus § 40 VwVfG: „Ist die Behörde ermächtigt, nach ihrem Ermessen zu handeln, hat sie ihr Ermessen entsprechend dem Zweck der Ermächtigung auszuüben und die gesetzlichen Grenzen des Ermessens einzuhalten“. Die Verhältnismäßigkeitsprüfung gliedert sich in drei Schritte:

Geeignetheit: Geeignet ist eine Maßnahme, wenn mit ihr der angestrebte Erfolg erreicht werden kann.

Erforderlichkeit: Erforderlich ist nur die Maßnahme, die im Vergleich zu anderen den gleichen Erfolg erreichen kann, aber weniger belastend für den Pflichtigen und die Allgemeinheit ist bzw. geringeren Aufwand bedingt („milderes Mittel“).

Angemessenheit: Angemessen ist eine Maßnahme, wenn der Nachteil bzw. Aufwand und der angestrebte Erfolg in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen (Kosten-Nutzen-Vergleich).

Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz erfordert ein je nach Rechtsverstoß und Schwere des Eingriffs abgestuftes Vorgehen. Im Rahmen der Altlastenbearbeitung bedeutet dies, dass die behördlich festgelegten Maßnahmen und deren Folgen für den Pflichtigen in einem angemessenen Verhältnis zum Ausmaß der abzuwehrenden Gefahr stehen müssen.

Zu b)

Unter Berücksichtigung der festgelegten Sanierungsziele sind i. d. R. im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung die technisch geeigneten Verfahren zu ermitteln und ein Variantenvergleich durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt wird der Behörde ein Auswahlermessen eingeräumt, bei dessen Ausübung insbesondere die Verhältnismäßigkeit zu berücksichtigen ist. Das Auswahlermessen bezieht sich dabei auf Maßnahmen, die

- geeignet sind, das festgelegte Sanierungsziel zu erreichen,
- das jeweils mildeste Mittel zur Erreichung des Sanierungszieles darstellen, und
- mit einem Aufwand durchzuführen sind, der in einem angemessenen Verhältnis zum angestrebten Sanierungsziel steht.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Kriterien aufeinander aufbauen, d.h. dass für das jeweilige Sanierungsziel nicht geeignete Maßnahmen aus der weiteren Betrachtung heraus fallen. Das schließt aus, dass zur Erreichung der Sanierungsziele geeignete und nicht geeignete Maßnahmen unter dem Aspekt der Kosten (milderes Mittel) verglichen werden und die ggf. geringeren Kosten den Ausschlag für eine nicht geeignete Maßnahme geben.

Sofern eine Sanierungsmaßnahme die drei o. g. Kriterien erfüllt, kommt ein MNA-Konzept als alleinige Alternative **nicht** in Betracht.

Treffen die Kriterien zunächst auf keine der untersuchten und zur Auswahl stehenden Sanierungsmaßnahmen zu, ist unter Berücksichtigung des technisch Machbaren das Sanierungsziel neu zu formulieren und die Prüfung der dafür geeigneten Maßnahmen neu durchzuführen (diese Anpassung der Sanierungsziele an das technisch Machbare erfolgt als iterative Vorgehensweise innerhalb einer Sanierungsuntersuchung, es müssen dazu nicht nacheinander mehrere Sanierungsuntersuchungen durchgeführt werden). Ein MNA-Konzept kann nur dann (im Rahmen des Auswahlermessens) in Betracht kommen, wenn durch natürliche Schadstoffminderungsprozesse das neu formulierte Ziel erreicht werden kann. Wenn die dafür erforderlichen Untersuchungen in der Detailuntersuchung nicht durchgeführt wurden, können diese vom Pflicht-

tigen im Rahmen der Sanierungsuntersuchung nachgeholt werden. Wichtige fachliche Aspekte bei der Verhältnismäßigkeitsprüfung in diesem Stadium sind insbesondere der Zeitpunkt, bis zu dem das Ziel erreicht werden kann, die Prognosesicherheit auf Basis der zugrundeliegenden Annahmen sowie die Sicherheit, mit der der Grundwasserschaden vom Pflichtigen bis zum Erreichen des Zieles überwacht werden kann. Dazu gehört auch die Kontrolle, dass das Ziel dauerhaft eingehalten wird.

Zu c)

Nach der Entscheidung über die standortspezifischen Maßnahmen-/Sanierungsziele werden (ggf. in einer Sanierungsuntersuchung) auch die an die Ziele zu knüpfenden Zielwerte iterativ festgelegt. Dabei sind die aus den vorangegangenen Untersuchungen bekannten natürlichen Schadstoffminderungsprozesse zu berücksichtigen. Sind die dafür erforderlichen Untersuchungen in der Detailuntersuchung nicht erfolgt, können diese vom Pflichtigen im Rahmen der Sanierungsuntersuchung verlangt bzw. nachgeholt werden.

Bei den vorstehend beschriebenen Ermessensentscheidungen ist von folgenden Grundsätzen auszugehen: Aus § 4 Abs. 3 BBodSchG ergibt sich, dass das Gesetz grundsätzlich die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen verlangt, die auf kurze Sicht die von der schädlichen Bodenveränderung oder Altlast hervorgerufene Gefahr beseitigen. Im Gefahrenabwehrrecht sollen Gefahren generell beseitigt werden. Das Absehen von einer Durchsetzung dieser Pflicht gemäß § 10 Abs. 1 BBodSchG stellt demnach die rechtfertigungsbedürftige Ausnahme dar. Die Bodenschutzbehörde unterliegt zunächst keinem Begründungszwang, wenn sie eine über die natürliche Schadstoffminderung hinausgehende Sanierung fordert. Bei der Diskussion über die Alternative, sich für eine Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung zu entscheiden, geht es um die Frage "Ist die Einbeziehung der natürlichen Schadstoffminderung unter Berücksichtigung der künftigen Nutzung hinreichend geeignet, der zeitliche Aufschub und das verbleibende Risiko hinreichend vertretbar, um von Sanie-

ungsmaßnahmen teilweise (ausnahmsweise ganz) abzusehen?"

Damit wird zugleich deutlich, dass das Sanierungsziel, welches sich über Sanierungsmaßnahmen i. S. d. BBodSchG erreichen lässt, die gesetzlich fundierte Leitlinie dafür bildet, was materiell erreicht werden sollte, also im Zweifel auch verhältnismäßig i. e. S. ist (vorbehaltlich der Besonderheiten beim Zustandsstörer nach der BVerfG-Rechtsprechung).

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.

Ist eine Sanierung als alleinige Maßnahme verhältnismäßig, kommt ein MNA-Konzept nicht in Betracht.

Die Kenntnis von Schadstoffminderungsprozessen dient im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung auch zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen und zur Festlegung von Sanierungszielen (Auswahl-ermessen). Ein MNA-Konzept kann dann in Verbindung mit einer Sanierung bzw. im Anschluss an eine Sanierungsmaßnahme angemessen sein. Es ist zu erwarten, dass MNA-Konzepte vorrangig in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen zum Tragen kommen.

6 Überwachung der natürlichen Schadstoffminderung (MNA)

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.

6.1 Anforderungen an das Überwachungsprogramm

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.

Als Ergebnis der Ermittlung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse wurden die Prozesse selber und insbesondere deren Wirkung nachgewiesen. Anhand dieser Ergebnisse können dann auch die maßgeblichen Parameter und Messpunkte zur Überwachung dieser Wirksamkeit festgelegt werden. Sie bestimmen den Mindestumfang für das Überwachungsprogramm.

6.2 Beurteilungskriterien für die Überwachung

Grundlage für die Erfolgsbetrachtung ist die Prognose. Die Überwachung ist mindestens so lange durchzuführen, bis das vereinbarte Ziel erreicht und sichergestellt ist, dass die Schadstoffkonzentrationen dauerhaft unterhalb der Zielwerte bleiben. Sollten die Prozesse entgegen der Prognose nicht in der vorgegebenen Zeit zum Erreichen des vereinbarten Ziels beitragen, ist eine erneute Gefahrenbeurteilung durchzuführen und zu prüfen, ob Alternativmaßnahmen erforderlich werden.

Im Rahmen des MNA-Konzepts sollte der Pflichtige auch darlegen, wie die weiteren Handlungsschritte aussehen, wenn die Über-

wachungsergebnisse eine Abweichung von der Prognose anzeigen und damit die Schadstoffminderungsprozesse nicht in dem Maße ablaufen, wie sie ursprünglich für das MNA-Konzept angenommen wurden.

6.3 Zeitraum für MNA

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.

Der Zeitraum, in dem die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse zur Erreichung der vereinbarten Ziele führen, ist durch Beurteilung der einzelfallspezifischen Rahmenbedingungen zu ermitteln.

Eine generelle Empfehlung für einen maximalen Zeitraum, in dem MNA durchgeführt werden kann, erscheint nicht sachgerecht.

Konkrete Zeitpunkte der Überwachung (z. B. Stichtagsmessungen, Probenahmezyklus) in Verbindung mit Zwischenzielen sind festzulegen. 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.

ANHANG I Empfehlungen zum Vorgehen in der Praxis

-
- Schritt I** **Prüfung der Voraussetzungen zur Erarbeitung eines MNA-Konzeptes**
- I.1** **Vorgaben der Behörde zur Vereinbarung von Rahmenbedingungen mit dem Pflichtigen**
 - I.2** **Prüfung der standortbezogenen Voraussetzungen anhand des vorhandenen Kenntnisstandes**
- Schritt II** **Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen und Erstellung eines MNA-Konzeptes**
- II.1** **Standortuntersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen**
 - II.2** **Prognose der Schadstofffahnenentwicklung**
 - II.3** **Auswertung und Beurteilung Ergebnisse**
 - II.4** **Erstellung eines MNA-Konzeptes und Begründung seiner Eignung**
- Schritt III** **Behördliche Entscheidung über die Eignung und Durchführung von MNA**
- Schritt IV** **Durchführung von MNA**
-

Im Folgenden wird die Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung in der Praxis der Altlastenbearbeitung anhand eines schrittweisen Vorgehens erläutert. Die wesentlichen Arbeitsschritte mit den maßgebenden Inhalten können zusammenfassend der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Erstellung eines MNA-Konzeptes sowie die Entscheidung über die Durchführung von MNA immer eine Einzelfallentscheidung ist, die nur eingeschränkt anhand festgelegter Verfahrensabläufe getroffen werden kann.

Tab. 1: Empfehlungen zum schrittweisen Vorgehen bei der Erstellung eines MNA-Konzeptes, der Entscheidung für und Durchführung von MNA.

Schritt I Prüfung der Voraussetzungen zur Erarbeitung eines MNA-Konzeptes	
I.1 Vorgaben der Behörde zur Vereinbarung von Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Das MNA-Konzept ist Ergebnis einer Einzelfallprüfung ○ Art und Umfang des Nachweises der Wirksamkeit der schadstoffmindernden Prozesse sind abzustimmen. ○ Die grundsätzliche Sanierungsnotwendigkeit wird durch MNA nicht in Frage gestellt. ○ MNA als alleinige Maßnahme ist nur möglich, wenn die standortbezogenen Voraussetzungen erfüllt sind und Sanierungsmaßnahmen als unverhältnismäßig eingeschätzt werden. ○ Ist eine Sanierung als alleinige Maßnahme verhältnismäßig, kommt MNA nicht in Betracht. ○ Zur Kontrolle der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse ist ein abgestimmtes Monitoring durchzuführen. ○ Eine alternative Handlungsoption ist vorzusehen.
I.2 Prüfung der standortbezogenen Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Standortpotenzial • Stoffeintrags- und Reaktionsräume • Hydrogeologische Modellvorstellung
Schritt II Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen und Erstellung eines MNA-Konzeptes	
II.1 Standortuntersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Räumliche Lage und Ausdehnung der Schadstofffahne ○ Untersuchungen zur Ermittlung von Schadstofffrachten an Bilanzebenen ○ Untersuchungen zur Identifikation und Quantifizierung der maßgebenden Einzelprozesse ○ Untersuchungen auf Basis einer Defizitanalyse zur Erstellung der Prognose
II.2 Prognose der Schadstofffahnenentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen eines numerischen Modells (Strömungs-, Transport- und Reaktionsprozesse) • Abschätzung des langfristigen Verlaufs und der Nachhaltigkeit des Prozessgeschehens • Darstellung der Prognoseunsicherheiten anhand von Szenarienbetrachtungen und Sensitivitätsanalysen • Identifizierung der Leitparameter
II.3 Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> ○ Abschließende Auswertung und Beurteilung aller Randbedingungen und Untersuchungsergebnisse. ○ Standortspezifische Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen (nach Abschluss der Sanierungsuntersuchung).
II.4 Erstellung eines MNA-Konzeptes und Begründung seiner Eignung	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines MNA-Konzeptes mit seinen zugehörigen Regelungsbestandteilen • Monetäre Darstellung der Maßnahmen • Begründung für die Eignung des MNA-Konzeptes
Schritt III	
Behördliche Entscheidung über die Eignung und Durchführung von MNA	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kriterien für die Entscheidung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sind und wenn ja in welchem Umfang die standortbezogenen Voraussetzungen nach Kap. 4 des Textteils erfüllt? ▪ Stellt das MNA-Konzept die notwendige Überwachungsintensität sicher und bietet es die Möglichkeit eines rechtzeitigen Eingreifens? ▪ Für welche Bereiche des Grundwasserschadens ist eine Sanierung verhältnismäßig und daher durchzuführen? ▪ Für welche Bereiche des Grundwasserschadens ist eine Sanierung allein vor dem Hintergrund nachgewiesener Schadstoffminderungsprozesse unverhältnismäßig und anstatt einer Sanierung die Durchführung von MNA eine angemessene Maßnahme? ○ Vereinbarung eines verbindlichen Regelungsinstrumentes
Schritt IV	
Durchführung von MNA	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung des Monitorings auf Basis des Überwachungsplans • Überprüfung der Prognose (Soll-Ist-Vergleich), ggf. Anpassung der Vorgehensweise • Bei Zielerreichung abschließende Gefahrenbewertung

I Prüfung der Voraussetzungen zur Erarbeitung eines MNA-Konzeptes

I.1 Vorgaben der Behörde zur Vereinbarung von Rahmenbedingungen mit dem Pflichtigen

Zu Beginn der Überlegungen über eine Durchführung von MNA ist zu klären, ob die Behörde aufgrund von Standortgegebenheiten die Umsetzung eines MNA-Konzeptes als grundsätzlich möglich erachtet. Seitens des Pflichtigen muss die Bereitschaft erkennbar sein, die Nachweise (II.1) nach den Vorgaben der Behörde zu erbringen. Diese Klärung sollte i. d. R. nach der Detailuntersuchung und vor der Sanierungsuntersuchung erfolgen. Folgende Aspekte sind dabei zu beachten:

- Die Entscheidung über die Durchführung von MNA ist das Ergebnis einer Einzelfallprüfung. Hierbei werden die Ergebnisse des stufenweisen Vorgehens zur Erstellung eines MNA-Konzeptes fortlaufend beurteilt und bewertet, im Wesentlichen mit dem Ziel zu entscheiden, ob die Erstellung eines MNA-Konzeptes weiter verfolgt werden soll, oder ob MNA als alternative Handlungsoption verworfen werden muss.
- Art und Umfang des Nachweises, dass schadstoffmindernde Prozesse in relevantem Umfang wirksam sind, sollte mit der Behörde abgestimmt werden.
- Die grundsätzliche Sanierungsnotwendigkeit wird durch die Entscheidung zur Durchführung von MNA nicht in Frage gestellt. MNA bedeutet nur die Tolerierung eines räumlich und zeitlich begrenzten Grundwasserschadens auf der Basis von nachgewiesenen und prognostizierten Schadstoffminderungsprozessen unter der Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes.
- Die Durchführung von MNA ist nur dann möglich, wenn die standortbezogenen Voraussetzungen (Kap. 4 des Textteils) erfüllt

sind und Sanierungsmaßnahmen als unverhältnismäßig eingeschätzt werden.

- Ist eine Sanierung als alleinige Maßnahme verhältnismäßig, kommt ein MNA-Konzept nicht in Betracht.
- Im Falle einer Entscheidung für MNA ist ein auf die Kontrolle der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse abgestimmtes Monitoring durchzuführen.
- Es ist eine alternative Handlungsoption für den Fall vorzusehen, dass die prognostizierte Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse nicht im erforderlichen Umfang stattfindet.

In der Praxis sollte der Pflichtige darlegen, warum er ganz oder teilweise auf eine Sanierung verzichten und stattdessen MNA durchführen möchte. Dabei sollte er die v. g. Randbedingungen beachten und sich hinsichtlich der erforderlichen Untersuchungen und Nachweise an den standortbezogenen Voraussetzungen (Kap. 4 des Textteils) orientieren.

Die konkrete stufenweise Bearbeitung mit dem Ziel der Erstellung eines MNA-Konzeptes sollte begonnen werden, wenn zwischen den Beteiligten (Behörde, Pflichtiger) Konsens über den Handlungs-, Untersuchungs- und Nachweisrahmen besteht.

Es wird empfohlen, die in den einzelnen Schritten erzielten Teilergebnisse der Behörde vorzulegen und darin jeweils auch die aktuelle Erfolgswahrscheinlichkeit eines MNA-Konzeptes zu beurteilen. Dies gewährleistet ein entscheidungsorientiertes und kostenoptimiertes Vorgehen und zielt auf eine einvernehmliche Lösung zwischen Pflichtigem und Behörde ab.

I.2 Prüfung der standortbezogenen Voraussetzungen anhand des vorhandenen Kenntnisstandes

Auf Grundlage des vorhandenen Kenntnisstandes (i. d. R. Detailuntersuchung) und der

vorgenannten Aspekte (I.1) wird geprüft, ob die Erstellung eines MNA-Konzeptes eine zielführende Handlungsoption ist, d.h. ob die standortbezogenen Voraussetzungen für die Durchführung von MNA erfüllt sein könnten.

Vor Beginn aufwändiger Untersuchungen zum Nachweis natürlicher Schadstoffminderungsprozesse sollten deshalb die bereits vorhandenen Daten gesichtet und aufgearbeitet werden, da die im Hinblick auf ein MNA-Konzept diskutierten Standorte häufig bereits eine umfangreiche Untersuchungshistorie bis hin zu durchgeführten oder laufenden Sanierungsmaßnahmen aufweisen. Die Beurteilung findet einerseits unter wissenschaftlich-technischen Aspekten (Identifizierung des Prozessgeschehens), insbesondere jedoch anhand der standortbezogenen Voraussetzungen (Kap. 4 des Textteils) statt, die für ein MNA-Konzept relevant sind. Bereits in diesem Stadium kann die Anforderung, dass kein weiteres Schutzgut betroffen ist, abgeschätzt werden. Weiterhin sollte betrachtet werden, ob der vorhandene Grundwasserschaden in seiner bis dahin bekannten räumlichen Ausdehnung als Reaktionsraum toleriert werden könnte und ein MNA-Konzept prinzipiell zulassen würde, oder ob anderweitige Kriterien dem entgegenstehen.

Da zu diesem Zeitpunkt eine Abschätzung des Zeitrahmens, in dem MNA durchgeführt werden würde, noch sehr unsicher ist, sollte als „worst case“-Ansatz von einer Existenz des aktuellen Grundwasserschadens „bis auf Weiteres“ ausgegangen werden. Folgendes ist zu beachten:

Standortpotenzial

- Art und Eigenschaften der beurteilungsrelevanten Schadstoffe
Hierbei ist zu prüfen, ob diese Schadstoffe aufgrund ihrer Stoffeigenschaften Schadstoffminderungsprozessen überhaupt ausreichend zugänglich sind. Hinweise liefern u. a. Literaturrecherchen über Sorptions- und Abbaueigenschaften der Schadstoffe.

- Abbau- und Rückhaltepotenzial
Das Abbaupotenzial kann z. B. anhand der Daten zur generellen Abbaubarkeit anhand üblicherweise vorliegender Daten zur Schadstoffverteilung (Veränderung der Schadstoffmuster und Metabolitenbildung), einer vergleichenden Abschätzung der vorliegenden Fahnausbreitung zum fiktiven Schadstofftransport ohne Berücksichtigung des Abbaus sowie anhand der Daten zur Identifikation der Redoxverhältnisse beurteilt werden. Das Rückhaltepotenzial kann z. B. über den K_d -Ansatz abgeschätzt werden.
- Beschaffenheit der Quelle
Die räumliche Struktur und stoffliche Zusammensetzung der Quelle sowie das Vorliegen von Phasenkörpern haben einen maßgebenden Einfluss auf die Dauer der Emission und die Höhe der Fracht.
- Ausdehnung und Entwicklung der Fahne
Die vorliegenden Daten zur räumlichen Ausdehnung und bisherigen Entwicklung der Fahne sind mit dem Ziel auszuwerten, die Auswirkungen und den weiteren Umgang mit dem GW-Schaden abzuschätzen.
- Hydrogeochemische Randbedingungen
Die hydrogeochemischen Randbedingungen können Aufschluss darüber geben, ob im Einzelfall die maßgebenden Abbauprozesse (z. B. reduktive Dechlorierung) überhaupt stattfinden können.
- Grundwasser-Fließverhältnisse
Variierende Grundwasser-Fließverhältnisse können Schadstoffminderungsprozesse in ihrer Wirksamkeit beeinflussen.

Stoffeintrags- und Reaktionsräume

Für die weitere Betrachtung der Option MNA ist von Bedeutung, dass der Untersuchungsraum bekannt ist bzw. abgegrenzt wird. Dazu gehört, dass sowohl alle Bereiche mit Schadstoffeinträgen, die Schadstoffausbreitung als auch die Bereiche, in denen Einträge von anderen relevanten Stoffen (z. B. Elektronen-

akzeptoren) erfolgen, die für Abbauprozesse bedeutsam sind, erfasst werden

Hydrogeologische Modellvorstellung

Auf der Grundlage der vorhandenen (hydro-)geologischen und (hydro-)geochemischen Daten ist ein Konzeptmodell zu erstellen, in dem die wesentlichen für die Beurteilung der Schadstoffminderungsprozesse maßgebenden Standortrandbedingungen dargestellt sind. Das Konzeptmodell dient konkret der Visualisierung und Beschreibung der vorherrschenden Strömungs- und Transportverhältnisse sowie der Hydrochemie.

In diesem Stadium der Bearbeitung ist i. d. R. eine Einschätzung möglich, ob und für welche Bereiche des Grundwasserschadens ein MNA-Konzept in Frage kommen kann, und welche Bereiche saniert werden müssen. Entscheidend für die Umsetzbarkeit eines MNA-Konzeptes ist aber, ob bzw. in welchem Umfang die standortbezogenen Voraussetzungen nach Kapitel 4 des Textteils erfüllt sind.

Im Ergebnis der Prüfung der v. g. standortbezogenen Randbedingungen kann zwischen Behörde und Pflichtigem die nächste Bearbeitungsstufe vereinbart werden.

II Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen und Erstellung eines MNA-Konzeptes

II.1 Standortuntersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit von Schadstoffminderungsprozessen

In diesem Teilschritt sind standortspezifisch die wissenschaftlich-technischen Daten für den Nachweis der Eignung eines MNA-Konzeptes zu erarbeiten, so dass dieser Schritt von entscheidender Bedeutung ist. Er ist auf die der Schadstofffahrenentwicklung zugrundeliegenden Prozesse ausgerichtet. Im Ergebnis muss

geklärt sein, welche Prozesse dabei von maßgebender Bedeutung sind und in welchem Umfang sie zur Schadstoffminderung beitragen. Art und Umfang des Nachweises sind zwischen Pflichtigem und Behörde abzustimmen.

Spezifische Standortuntersuchungen erfordern ggf. die Unterstützung durch spezielle Fachgutachter z. B. im Zusammenhang mit bestimmten Methoden oder Modellierwerkzeugen.

Im Wesentlichen lassen sich bei den Untersuchungen folgende Schwerpunkte unterscheiden:

- Räumliche Lage und Ausdehnung der Schadstofffahne,
- Ermittlung von Schadstofffrachten an Bilanzebenen,
- Identifikation und Quantifizierung der maßgebenden Einzelprozesse (insbesondere Abbau und Rückhalt),
- Defizitanalyse zur Klärung/Prüfung, ob die bisherigen Untersuchungen ausreichend sind, um die Prognose der Schadstofffahrenentwicklung (Teilschritt II.2) durchführen zu können. Ggf. sind ergänzende Untersuchungen erforderlich.

Bei der Betrachtung der standortbezogenen Voraussetzungen steht zunächst die Entwicklung der Schadstofffahne im Vordergrund („Quasi-Stationarität“ und Differenzierung zwischen frachtreduzierenden und verdünnenden Prozessen). Sofern die zur Beurteilung erforderlichen Bilanzebenen im unmittelbaren Abstrom der Quelle, im Verlauf der Fahne und im Bereich der Fahnenspitze nicht vorliegen, müssen sie im Rahmen dieses Teilschrittes eingerichtet und betrachtet werden.

Die Frachtbestimmung an Bilanzebenen zielt auf eine summarische Betrachtung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse ab. Hierdurch können frachtreduzierende Prozesse (i. W. die Summe aus Sorption und Abbau) er-

kannt und von den verdünnenden Prozessen unterschieden werden. Wenn mehrere Einzelprozesse für die Frachtreduktion mengenmäßig verantwortlich sind und eine Summenbilanz für die Bewertung nicht ausreicht, wird in einem nächsten Schritt die Quantifizierung dieser Einzelprozesse erforderlich. Hierzu werden i. d. R. weitere prozessspezifische Untersuchungen notwendig (z. B. Isotopen-, Sorptions-, Tracer-, mikrobiologische Abbauntersuchungen, etc.).

Die zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden sind insbesondere hinsichtlich des Aufwandes und der Aussagekraft (qualitativ oder quantitativ) zu unterscheiden. Um Kosten zu optimieren, sollten zunächst weniger aufwändige Methoden mit „qualitativen Aussagen“ Anwendung finden. Qualitative Hinweise auf Schadstoffminderungsprozesse liefern z. B. das Auftreten von Abbauprodukten und der Verbrauch von Elektronenakzeptoren. Eine Quantifizierung der Prozesse sollte erst dann erfolgen, wenn es hinreichend qualitative Hinweise auf relevante Schadstoffminderungsprozesse gibt. Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass eine Quantifizierung von Einzelprozessen nicht immer möglich ist. Sie ist auch nicht immer entscheidungsrelevant.

In diesem Stadium der Bearbeitung ist es insbesondere im Hinblick auf die Erstellung einer modellgestützten Prognose i. d. R. erforderlich, eine Defizitanalyse des vorhandenen Kenntnisstandes durchzuführen. Sofern demnach beurteilungsrelevante Erkenntnisse für die Erstellung des MNA-Konzeptes fehlen, z. B. unzureichende Kenntnisse über die geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse, das Schadstoffpotenzial, Identifikation und Quantifizierung der Einzelprozesse (sofern notwendig), die Prozessräume und insbesondere Kenntnisse für die Prognose der Schadstoffentwicklung, werden zusätzliche Untersuchungen notwendig. Dies könnten z. B. die Vervollständigung der chemi-

schen Analytik, detaillierte Untersuchungen der hydrogeologischen Standortgegebenheiten, die Kartierung der Schadstofffahne mit Ermittlung der maßgebenden Prozessräume, Zeitreihenuntersuchungen oder weitergehende Betrachtungen an Bilanzebenen sein.

Zudem wird für eine Bilanzierung mit Quantifizierung der Einzelprozesse i. d. R. ein reaktives Stofftransportmodell notwendig werden. Die dafür notwendige Datengrundlage ist im Rahmen der in diesem Bearbeitungsschritt durchzuführenden Untersuchungen soweit erforderlich zu ergänzen. In diesem Zusammenhang ist auch zu beurteilen, ob statt der Ermittlung standortbezogener Daten auf Literaturdaten zurückgegriffen werden kann.

Sollten bereits Sanierungsmaßnahmen an der Quelle oder an der Fahne stattgefunden haben oder geplant sein, ist dies als Randbedingung bei den Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse mit Blick auf den sich neu einstellenden Gleichgewichtszustand zu beachten.

Für die Prognose der Dauer, für die ein überwachungsbedürftiger GW-Schaden vorliegt und MNA durchgeführt werden soll, sind außer den Informationen über die Schadstofffahne zusätzliche Informationen über die Schadstoffquelle notwendig, insbesondere dann, wenn die Sanierung der Schadstoffquelle nicht oder nur unvollständig erfolgen kann. Dies kann z. B. durch Untersuchungen im Bereich der Quelle und im unmittelbaren Abstrom geschehen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Austragsrate und Dauer der Freisetzung sowie deren Entwicklung abzuschätzen.

Als Ergebnis dieses Teilschritts sollten die Grundlagen vorhanden sein, um eine belastbare Prognose der Schadstofffahnenentwicklung vornehmen zu können. Dazu gehört die Klärung, welche Prozesse von maßgebender Bedeutung sind und in welcher Größenordnung sie zur Schadstoffreduktion und/oder Frachtreduktion beitragen. Je nach Standort-

bedingungen und Umfang der zusätzlichen Untersuchungen kann dieser Teilschritt einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen, insbesondere dann, wenn zur Prognose weitere bzw. längere Zeitreihenuntersuchungen benötigt werden.

II.2 Prognose der Schadstoff-fahnenentwicklung

Im Anschluss an die Ermittlung der Schadstoffminderungsprozesse und sonstigen standortspezifischen Randbedingungen sollen in diesem Teilschritt der langfristige Verlauf und die Nachhaltigkeit des Prozessgeschehens abgeschätzt werden. Hierbei ist insbesondere die standortbezogene Voraussetzung, dass die Schadstofffahne „quasi-stationär“ oder schrumpfend ist und damit zukünftig keine weiteren Schutzgüter gefährdet sind, zu prüfen. Die Prognose der Schadstofffahnenentwicklung ist damit eine maßgebliche Grundlage für die Entscheidung über die Eignung und Durchführung von MNA.

Für die Prognose wird i. d. R. ein numerisches Modell, das Strömungs-, Transport- und Reaktionsprozesse abbildet, erforderlich. Mittels Sensitivitätsanalysen und ggf. Szenarienbetrachtungen sollten kritische Parameter und Randbedingungen sowie Prognoseunsicherheiten herausgestellt und beurteilt werden.

Grundlage für die Erstellung des numerischen Modells ist eine hydrogeologisch-hydrogeochemische Modellvorstellung auf der Grundlage der standortspezifischen Verhältnisse. Die Anforderungen daran sind in u. a. FH-DGG 2002 [9] und in den Handlungsempfehlungen [5] und Leitfäden [6, 7, 8, 9, 10, 11 und 17] des BMBF Förderschwerpunkt KORA genannt.

Im Zuge der Modellierung sind die maßgebenden Randbedingungen, Prozesse und Parameter der Behörde darzulegen, insbesondere dann, wenn Literaturdaten verwendet und erhebliche Abstrahierungen der örtlichen Verhältnisse vorgenommen werden sollen. Die

einzelnen Arbeitsschritte der Modellentwicklung (z. B. Festlegung von Randbedingungen und Parametern, verwendete Datengrundlagen, Abstrahierungen, Kalibrierung, Validierung, Sensitivitätsanalysen) sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Für die Prognose sind i. d. R. Szenarienbetrachtungen durchzuführen. Die dabei zu betrachtenden Fallgestaltungen sollten vorab abgestimmt werden.

Bei einfachen und/oder eindeutigen Standortverhältnissen ist ein numerisches Modell zum Nachweis der „Quasi-Stationarität“ nicht immer erforderlich, wenn bspw. aus Zeitreihenauswertungen die „Quasi-Stationarität“ der Fahne belegt ist, die Prozesse bekannt und die Rahmenbedingungen als konstant anzunehmen sind.

Die Aussagesicherheit der Prognose sollte sich später im Überwachungsumfang widerspiegeln: Je unsicherer die Prognose, desto intensiver sollte überwacht werden. Ziel der Überwachung ist es, die modelltechnisch oder anderweitig erstellte Prognose anhand von im Feld erhobenen Daten zu bestätigen.

Im Zuge der Prognoseerstellung sollten bereits die für die spätere Überwachung zur Kontrolle der Wirksamkeit der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse (MNA) relevanten Untersuchungsparameter (Leitparameter) herausgearbeitet werden. Darüber hinaus sollten anhand der Prognose die Überwachungsmessstellen und Überwachungsintervalle festgelegt werden.

II.3 Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse

Nach Abschluss der Teilschritte II.1 und II.2 ist durch den Pflichtigen bzw. seinen Sachverständigen eine abschließende Auswertung und Beurteilung aller Randbedingungen und Untersuchungsergebnisse vorzunehmen. Dabei ist festzustellen, ob bzw. in welchem Umfang die standortbezogenen Voraussetzungen nach Kap. 4 des Textteils für die Durchführung von

MNA erfüllt sind und ob für den Pflichtigen ein MNA-Konzept zielführend wäre. Dies betrifft auch Aussagen, ob eine Sanierung oder Teil-sanierung der Quelle erfolgen soll.

Eine weitere Voraussetzung für die Durchführung von MNA ist, dass Sanierungsmaßnahmen für den Bereich des Grundwasserschadens unverhältnismäßig sind, für den der Pflichtige die Durchführung von MNA beabsichtigt. Im Hinblick auf die Verhältnismäßigkeitsprüfung in Stufe III, die von der Behörde vorgenommen wird, sind daher alle Untersuchungen durchzuführen und auszuwerten, die für eine standortspezifische Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind. Damit befindet man sich mit Blick auf die „klassischen“ Stufen der Altlastenbearbeitung auf der Stufe der Sanierungsuntersuchung. Der Umfang der Sanierungsuntersuchung sollte insbesondere im Hinblick auf die Belastbarkeit der Verhältnismäßigkeitsprüfung mit der Behörde im Vorfeld abgestimmt werden. Die erforderlichen Untersuchungen hierfür sollten i. d. R. bereits parallel zu den Untersuchungen, die zum Nachweis der Eignung eines MNA-Konzeptes erfolgen, durchgeführt werden.

II.4 Erstellung eines MNA-Konzeptes und Begründung seiner Eignung

Die Vorstellungen des Pflichtigen zum weiteren Umgang mit dem Grundwasserschaden sollten zu diesem Zeitpunkt der Behörde vorgestellt und für den Fall, dass auch diese ein MNA-Konzept als erfolgversprechend einstuft, in die Erstellung eines MNA-Konzeptes mit seinen zugehörigen Regelungsbestandteilen münden. Dazu gehören Vorschläge für Zwischen- und Endzielvorgaben in Raum und Zeit, der Entwurf eines darauf angepassten Überwachungsplans u. a. mit Vorschlägen für Leitparameter sowie Vorschlägen für alternative Maßnahmen, falls sich bei der Umsetzung von MNA zeigt, dass die Zielvorgaben nicht er-

reicht werden. Hierzu wird es notwendig sein, Kriterien zu benennen, die eine Abweichung von der Prognose anzeigen.

Das MNA-Konzept sollte bei einer Kombination aus MNA und Sanierung als eigenständiger Bestandteil eines Sanierungskonzeptes erstellt werden, ansonsten als eigenständiges Konzept. Dies gewährleistet vor Erstellung des aufwändigen und schon sehr konkreten Sanierungsplans anhand frühzeitiger inhaltlicher Abstimmungen mit der Behörde ein zielgerichtetes und entscheidungsorientiertes Vorgehen.

Im MNA-Überwachungsplan als Bestandteil des MNA-Konzeptes ist das vorgesehene Überwachungsprogramm zu beschreiben, mit dem die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse kontrolliert werden kann. Zudem sind die zugehörigen Mitteilungspflichten zu benennen. Das Überwachungsprogramm kann sich dabei nicht allein auf Konzentrationsmessungen von Schadstoffen beschränken, sondern muss auch Parameter (Leitparameter) zur Prozesskontrolle und zum Abgleich der mit Hilfe von Berechnungsmodellen aufgestellten Prognose beinhalten. Zudem können wiederholte Frachtbetrachtungen an Bilanzebenen als Bestandteile des Überwachungsprogramms notwendig werden.

Da im Zuge der Verhältnismäßigkeitsprüfung durch die Behörde auch eine monetäre Betrachtung geeigneter Maßnahmen durchgeführt werden muss, ist es erforderlich, im MNA-Konzept die für MNA anzusetzenden Kosten darzulegen.

Die Eignung des MNA-Konzeptes ist abschließend derart zu begründen, dass die Behörde anhand der vorgelegten Unterlagen über die weitere Vorgehensweise im Rahmen ihres Auswahlermessens entscheiden kann.

III Behördliche Entscheidung über die Eignung und Durchführung von MNA

Die Entscheidung der Behörde über die Durchführung von MNA basiert auf

- einer Verhältnismäßigkeitsprüfung geeigneter Sanierungsvarianten, die i. d. R. das Ergebnis einer Sanierungsuntersuchung sind (Kap. 5).
- der abschließenden Bewertung der standortbezogenen Voraussetzungen nach Kap. 4 des Textteils und
- dem vorgelegten MNA-Konzept

Maßgebend für die Entscheidung ist,

- für welche Bereiche des Grundwasserschadens eine Sanierung verhältnismäßig und daher durchzuführen ist,
- ob bzw. in welchem Umfang die standortbezogenen Voraussetzungen nach Kapitel 4 erfüllt sind,
- für welche Bereiche des Grundwasserschadens eine Sanierung allein vor dem Hintergrund nachgewiesener Schadstoffminderungsprozesse unverhältnismäßig ist und die Durchführung von MNA eine angemessene Maßnahme ist und
- ob das MNA-Konzept die notwendige Überwachungsintensität sicherstellt und ggf. die Möglichkeit eines rechtzeitigen Eingreifens bietet.

Die Entscheidung über die Durchführung von MNA fällt nach einer Verhältnismäßigkeitsprüfung. Hierbei sind die Maßnahmen immer mit Blick auf das Maßnahmenziel zu betrachten, wobei das Maßnahmenziel umgekehrt auch in einem iterativen Prozess auf die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen zurück wirkt und ggf. angepasst werden muss. Zu diesem Zeitpunkt sollte entschieden sein, wie mit der Schadstoffquelle umgegangen werden soll, da dies auch für das MNA-Konzept bedeutsam ist.

Nach der behördlichen Entscheidung für eine Durchführung von MNA sollte zwischen Pflichtigem und Behörde eine für beide Seiten verbindliche Regelung über die Durchführung von MNA getroffen werden. Diese sollte den Überwachungsplan, die Zielvorgaben, Maßnahmen bei erforderlichen Anpassungen sowie eine alternative Handlungsoption beinhalten.

Da zu erwarten ist, dass die Entscheidung über die Durchführung von MNA zumeist im Zusammenhang mit der Entscheidung über Sanierungsmaßnahmen erfolgt, kann eine solche Regelung z.B. durch die Verbindlichkeitserklärung eines Sanierungsplans oder durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag erfolgen.

IV Durchführung von MNA

In dieser Phase des Verfahrens findet die Durchführung der Überwachung auf Basis des MNA-Überwachungsplans statt. Sie dient der Überprüfung der Prognose (Soll-Ist-Vergleich) und der Kontrolle, ob die Schadstoffminderungsprozesse dauerhaft wirken. Hervorzuheben ist, dass hierfür i. d. R. nicht nur schadstoff- und prozessbezogene Konzentrationsmessungen anhand von Leitparametern durchgeführt werden, sondern auch wiederholte Frachtbetrachtungen als Bestandteil der Kontrolle notwendig werden können. Hierbei sind Mess- und Prognoseunsicherheiten zu beachten.

In regelmäßigen Abständen (z.B. alle 5 Jahre) könnten Art und Umfang des Überwachungsprogramms auf Antrag bzw. Vorschlag des Pflichtigen überprüft und angepasst werden.

In Folge der vereinbarten Mitteilungspflichten findet während der Durchführung von MNA eine kontinuierliche Beurteilung und Bewertung der Überwachungsergebnisse statt.

Sollten sich die Schadstoffminderungsprozesse nicht in der prognostizierten Weise entwickeln bzw. stattfinden, sind über die im Rahmen des MNA-Konzeptes aufgezeigten Maßnahmen bis hin zur Aufnahme von alternativen Handlungsoptionen wie z.B. Sanierungsmaßnahmen zu befinden.

Für diesen Fall kann es sinnvoll sein, insbesondere wenn MNA bereits über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurde, zunächst eine prozessbezogene Beurteilung und erneute Bewertung durchzuführen, da zu erwarten ist, dass die Datengrundlage zur Beurteilung der Schadstoffminderungsprozesse umfangreicher geworden ist. Ggf. sollten ergänzende Untersuchungen vereinbart werden, falls die Ursache für die abweichende Entwicklung nicht eindeutig ist. Eine Fortführung von MNA kann nur dann erfolgen, wenn die Überprüfung ergibt, dass die Schadstoffminderungsprozesse weiterhin ausreichend wirksam sind. Falls für die neue Prognoseerstellung auf Basis der ergänzten Datenlage die Zuverlässigkeit des Prognosemodells nicht mehr aus-

reicht, ist das Modell ggf. zu überarbeiten. Zudem können ggf. auch modifizierte Zielvorgaben und ein modifiziertes Überwachungsprogramm vereinbart werden.

Sofern die Zielvorgaben auch nach Durchführung der Anpassungsmaßnahmen nicht erreicht werden, ist die bei der Vereinbarung zur Durchführung von MNA gemäß III für diesen Fall vorgesehene alternative Handlungsoption aufzugreifen.

Mit Erreichen der vereinbarten Ziele wird die Behörde abschließend prüfen, ob noch Gefahren insbesondere für das Grundwasser und Grundwassernutzungen bestehen. Diese Prüfung unterscheidet sich grundsätzlich nicht von den wirkungspfadbezogenen Untersuchungen im Rahmen der Nachsorge, die nach Schlussabnahme einer Sanierungsmaßnahme erfolgen. Falls nachgewiesen wird, dass Gefahren dauerhaft ausgeschlossen werden können, wird die Behörde auf Antrag des Pflichtigen der Beendigung von MNA zustimmen.

ANHANG II

Quellenverzeichnis

- [1] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie – HLUG (2004): Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA). - Handbuch Altlasten Bd. 8, Teil 1, Stand November 2004, Wiesbaden.
- [2] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2004): Natürliche Schadstoffminderung bei Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten und schädliche Bodenverunreinigungen – Natural Attenuation. – LfW-Merkblatt Nr. 3.8/3, Stand 05.11.2004.
- [3] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)/Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen. - Stand Mai 2005.
- [4] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758).
- [5] KORA - Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten. VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA e.V. Frankfurt, ISBN 978-3-89746-092-0
- [6] KORA – TV 1: Wabbels, D., Teutsch G. (2008): Leitfaden Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei mineralöl- kontaminierten Standorten. KORA Themenverbund 1: Raffinerien, Tanklager, Kraftstoffe/Mineralöl, MTBE. ZAG Universität Tübingen, ISBN 978-3-89746-093-9
- [7] KORA – TV 2: Werner, P., Börke, P., Hüfers, N. (2008): Leitfaden Natürliche Schadstoffminderung bei Teerölaltlasten, im BMBF Förderschwerpunkt KORA. Schriftenreihe des Institutes für Abfallwirtschaft und Altlasten, TU Dresden, Band 58 ISBN 978-3-934253-50-6
- [8] KORA –TV 3: **Veröffentlichung in Vorbereitung**
- [9] KORA –TV 4: Luckner, Th., Luckner, L. (2008) Leitfaden Umgang mit abfallablagerungsverursachten Gewässerschäden und Gefahrensituationen unter Berücksichtigung der Wirkungen natürlicher Rückhalte- und Abbau-Prozesse. Schriftenreihe des Dresdner Grundwasserforschungszentrums e.V. und seiner Partner (ISSN 1611-5627, Heft 04/2008).
- [10] KORA –TV 5: Einschätzung und Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse auf Standorten, die mit sprengstofftypischen Verbindungen sowie deren Transformationsprodukten belastet sind, **Veröffentlichung in Vorbereitung**
- [11] KORA –TV 6: Natürliche Schadstoffminderungsprozesse an Bergbaukippen/-halden und Flussauensedimenten, ISBN 978-3-89746-098-X
- [12] Bundesbodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214)
- [13] US-EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response: Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites. Nr. 9200.4-17P, 1999.
- [14] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Bericht zur „Ableitung von Geringfügigkeits-schwellen für das Grundwasser“. – Stand 30.09.2004
- [15] Probenahme von Grundwasser bei belasteten Standorten, Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft der Schweiz (BUWAL) Bern, 2003.
- [16] FH-DGG (2002): Das Hydrogeologische Modell als Basis für die Bewertung von Monitored Natural Attenuation bei der Altlastenbearbeitung: Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden. - Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 23. Dt. Geologische Gesellschaft. Hrsg.: FH-DGG. Hannover 2002.
- [17] KORA –TV 7: Luckner, Th., Luckner, L. (2008) Leitfaden Systemanalyse, Modellierung und Prognose der Wirkungen natürlicher Schadstoffminderungsprozesse – eine rezente Synopse. Schriftenreihe des Dresdner Grundwasserforschungszentrums e.V. und seiner Partner (ISSN 1611-5627, Heft 05/2008).