

Stellung des Natural Attenuation im Rahmen der Gefahrenbeurteilung von Boden- und Grundwasserkontaminationen

Hans-Peter Lühr

(veröffentlicht in Wasser&Boden, 2001)

Zusammenfassung

Alle Entscheidungen hinsichtlich der Behandlung von Altlasten müssen in das deutsche Ordnungsrecht eingebettet sein, um damit auch dem Sanierungspflichtigen die erforderliche Rechtssicherheit zu geben. Deshalb ist zunächst zu prüfen, ob Natural Attenuation mit dem Bundesbodenschutzgesetz und dem Wasserhaushaltsgesetz einschließlich ihrer untergesetzlichen Regelwerke verträglich ist. Bezogen auf die Rechtslage in Deutschland stellt sich somit die Frage nach der umweltrechtlichen Zulässigkeit natürlicher Selbstreinigungsprozesse in Boden und Grundwasser als aktives Element der Altlastenbehandlung. Natural Attenuation Vorgänge zu berücksichtigen bedeutet, dass der nichtwassergesättigte und wassergesättigte Untergrund als Reaktorraum zu betrachten ist. NA mit Stimulation der Vorgänge ist eine Insitu-Maßnahme und damit nichts Neues und mit dem Boden- und Wasserrecht verträglich. In diesem Zusammenhang ist zunächst eine eindeutige Definition für Natural Attenuation und die Rolle von NA im Kontext mit der Altlastenbehandlung festzulegen. Die rechtliche Würdigung von NA muss anhand des BBodSchG und der BBodSchV sowie dem WHG erfolgen.

1. Einleitung

Wie in der Mode oder Politik kommen alte Themen, die eigentlich überwunden und entschieden zu sein schienen, wieder hoch, aber in einer neuen Verpackung. Und diese Verpackung wird typischerweise mit einem amerikanischen Begriff belegt. Analysiert man, was hinter „*Natural Attenuation (NA)*“ oder weiteren Synonymen wie *intrinsic remediation*, *monitored intrinsic remediation*, *intrinsic bioremediation*, *passive remediation*, *monitored natural attenuation* steckt, so ist es nichts weiter als die „Natürliche Selbstreinigung des Untergrundes“.

Dabei hat gerade die Verharmlosung des Gefahrenpotenzials der Chemie in den zurückliegenden Jahrzehnten und die Überschätzung der Selbstheilungskräfte (Reinigungsvermögen des Bodens und der Gewässer) zu der bekannten Altlastensituation geführt. Allgemeine Lehrmeinung nämlich über viele Jahrzehnte war, dass das Grundwasser durch das Reinigungsvermögen des Untergrundes, das als grenzenlos galt, und den in der Regel über dem Grundwasser liegenden Deckschichten die geschützte Wasserressource ist und direkt für Trinkwasserversorgung verwendet werden kann [1, 8].

Dieses wurde insbesondere in den 80er Jahren als Irrtum erkannt, als man sich anschickte, ökologische Systeme mit ihren komplexen Wechselbeziehungen als Ganzes zu betrachten. Und plötzlich, weil die Kassen leer sind, wird dies alles über Bord geworfen? NA wird zur Zauberformel bei der Bewältigung der Altlasten, wobei sich die Sanierungspflichtigen

angesichts der hohen Kosten für Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen elegant ihrer Verantwortung entziehen können. Steht etwa NA für Sanierung durch *no action*?

Auch muss man sich fragen, wenn man die Geschichte der Altlastenbehandlung betrachtet, ob mit „Natural Attenuation“ nun der Schlusspunkt an das Anforderungsniveau der Altlastensanierung gesetzt wird. Denn am Anfang der Altlastengeschichte stand die Sanierung aller Kontaminationen mit dem Ziel der multifunktionalen Wiedernutzung. Dieses wurde mit Einführung des Bundesbodenschutzgesetzes auf nutzungs- und schutzgutbezogene Gefahrenabwehr unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes und durch Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen, die als gleichwertig zu betrachten sind, eingeeengt. Und kommt jetzt mit „Natural Attenuation“, bereits als „sanfte oder angepasste Technologie“ apostrophiert, eine weitere Einengung, gar ein Erliegen der Altlastenbehandlung? Ist das ein gewollter Paradigmenwechsel oder ein zusätzliches Element im Instrumentenkoffer der Altlastenbehandlung?

2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Alle Entscheidungen hinsichtlich der Behandlung von Altlasten müssen in das deutsche Ordnungsrecht eingebettet sein, um damit auch dem Sanierungspflichtigen die erforderliche Rechtssicherheit zu geben. Deshalb ist zunächst zu prüfen, ob NA mit dem Bundesbodenschutzgesetz und dem Wasserhaushaltsgesetz einschließlich ihrer untergesetzlichen Regelwerke verträglich ist. Bezogen auf die Rechtslage in Deutschland stellt sich somit die Frage nach der umweltrechtlichen Zulässigkeit natürlicher Selbstreinigungsprozesse in Boden und Grundwasser als aktives Element der Altlastenbehandlung.

In diesem Zusammenhang ist zunächst festzulegen:

1. eine eindeutige Definition für NA,
2. die Rolle von NA im Kontext mit der Altlastenbehandlung.

Zu 1.:

Allgemein wird als Ausgangspunkt für Diskussionen die „Definition“ der US-EPA [2] herangezogen:

„Naturally occurring processes in soil and groundwater environments that act without human intervention to reduce mass, toxicity, mobility, volume or concentration of contaminants in those media. These In-Situ processes include: dispersion, dilution, volatilization, adsorption and chemical or biological stabilization or destruction of contaminants.“

In dieser allgemeinen Definition werden sieben Prozesse aufgeführt, die bei der Ausbreitung von Schadstoffen von Bedeutung sind und die einzeln, aber auch zusammenwirken können. Weiter werden fünf Parameter aufgeführt, die als Indikatoren auch für den Nachweis des NA-Erfolges herangezogen werden können.

Auch in einem ISO-Entwurf [3] wird eine Definition gegeben:

Natural Attenuation: All those natural processes, including chemical, physical and biological processes, which lead to reduction in contaminant concentrations in the soil or groundwater.

Insgesamt stellen die beiden Definitionen nur allgemeine Beschreibungen dar, wobei die zweite Definition gegenüber der EPA-Definition noch unbestimmter ist. Um eine Definition auch als Maßstab für eine Entscheidungsfindung heranziehen zu können, müssen aber die Kriterien

und die zugehörigen Maßstäbe festgelegt werden, anhand derer die Vorgänge zu bewerten sind, denn es muss sicher prognostiziert werden.

Zu 2.:

Mit dem Auftauchen dieses neuen Aspektes NA darf kein neuerlicher Einstieg in die Diskussion über die umweltpolitischen Ziele im Boden- und Grundwasserschutz im Zusammenhang mit der Altlastenbehandlung in Gang gesetzt werden. Vielmehr müssen alle mit NA zusammenhängenden Aktivitäten und Rollen eindeutig und unmissverständlich im Kontext mit dem Bodenschutz- und Altlastenrecht stehen. Deshalb kann es auch im Zusammenhang mit der Altlastenbehandlung keine außerhalb des Bodenschutz- und Altlastenrechts stehende Insellösung geben.

Für NA ergeben sich vom Grundsatz her (Abb. 1) zwei Rollen:

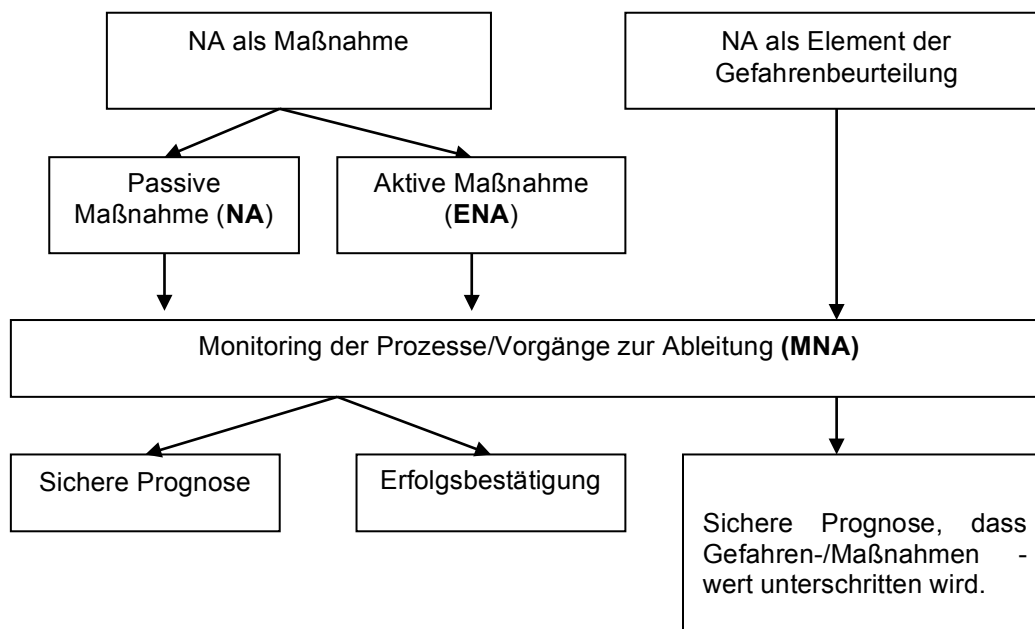


Abb. 1: Rollen von Natural Attenuation

1. NA wird wie in den USA als Alternative und Ergänzung zu ingenieurtechnischen Verfahren bei der Altlastensanierung betrachtet. Hierbei treten zwei Varianten auf:

- a) Ablauf ohne menschliche Einflüsse (passive Maßnahmen) (NA),
- b) Ablauf durch Stimulation der natürlichen Selbstreinigungsprozesse (aktive Maßnahmen) (ENA).

Diese Maßnahmen sind weitgehend identisch mit den physikalischen, chemischen und biologischen In-situ-Verfahren.

(Anmerkung: Diese beiden Aspekte sind auch die zwei Themenbereiche des BMBF-Förderschwerpunktes „Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Böden und Grundwässer“ vom Februar 2000.)

In diesem Fall ist die Entscheidung über die Gefahrenbeurteilung bereits erfolgt, indem der Prüf- bzw. Maßnahmenwert überschritten wurde.

2. NA wird auf der Ebene der orientierenden Bewertung als Element zur Gefahrenbeurteilung eingeführt. In diesem Fall ist NA den eigentlichen Sanierungsmaßnahmen vorgelagert.

In beiden Fällen ist ein Monitoring der Prozesse bzw. Vorgänge (**MNA**) erforderlich, das aber entsprechend ihrer Zielstellungen unterschiedlichen Anforderungen genügen muss und damit unterschiedlich auszulegen ist (siehe später).

Die rechtliche Würdigung von NA muss anhand des BBodSchG und der BBodSchV sowie dem WHG erfolgen. Danach kommen in Frage:

BBodSchG:

§ 2 Abs. 7

Sanierung im Sinne dieses Gesetzes sind Maßnahmen

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

§ 2 Abs. 8

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen im Sinne dieses Gesetzes sind sonstige Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern, insbesondere Nutzungsbeschränkungen.

§ 4 Abs 3. Satz 3

....Soweit dies nicht möglich oder unzumutbar ist, sind sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchzuführen.

BBodSchV:

§ 5 Abs. 1

Sanierungsmaßnahmen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

- (1) Dekontaminationsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie auf technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren beruhen, die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen. Dabei sind auch die Folgen des Eingriffs insbesondere für Böden und Gewässer zu berücksichtigen. Nach Abschluss einer Dekontaminationsmaßnahme ist das Erreichen des Sanierungsziels gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen.

§ 5 Abs. 3

Sicherungsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie gewährleisten, dass durch die im Boden oder in Altlasten verbleibenden Schadstoffe dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierbei ist das Gefahrenpotenzial der im Boden verbleibenden Schadstoffe und deren Umwandlungsprodukte zu berücksichtigen. Eine nachträgliche Wiederherstellung der Sicherungswirkung im Sinne des Satzes 1 muss möglich sein. Die Wirksamkeit von

Sicherungsmaßnahmen ist gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen und dauerhaft zu überwachen.

WHG:

Das BBodSchG regelt bekanntermaßen in § 4 Abs. 4 lediglich, dass die Sanierung der Gewässer nach dem Wasserrecht zu erfolgen hat. Das WHG sagt hierzu jedoch speziell nichts aus.

In dem LAWA/LABO/LAGA-Papier "Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser" vom 17. Juni 1998 werden in Kapitel 2 und 3 über die Grundsätze zur Beurteilung

- der Ort der Beurteilung,
- die Sickerwasserprognose sowie
- die Geringfügigkeitsschwelle

eingeführt. Dabei ist bei der Beurteilung der Sickerwasserprognose die Abbau- und Rückhaltungswirkung in der ungesättigten Bodenzone abzuschätzen. Die dafür zu berücksichtigenden Kriterien im ungesättigten Bereich

- Grundwasserabstand,
- Bodenart (Ton Gehalt),
- Textur,
- Gehalt an organischer Substanz,
- pH-Wert,
- Grundwasserneubildungsrate/Sickerwasserrate,
- Mobilität und Abbaubarkeit der Stoffe

entsprechen aber bei weitem nicht denen der oben angeführten Definition von NA.

Die entscheidende Frage, ob NA eine Maßnahme im Sinne des BBodSchG ist, ist bisher noch nicht entschieden. Denn das BBodSchG spricht nur von Maßnahmen. Und Maßnahmen sind immer etwas Aktives, das von Menschen veranlaßt wird, wie Dekontamination durch On-site-, Off-site- oder In-situ-Maßnahmen oder Sicherung durch Einkapselung. Auch Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (die sonstigen Maßnahmen) sind aktive Maßnahmen. Liegenlassen ist danach keine Maßnahme im engeren Sinne der ingenieurmäßigen Betrachtung, vielleicht im Sinne einer verwaltungsmäßigen Betrachtung. Maßnahme wäre dann nicht der technische und naturwissenschaftliche, sondern der administrative Ordnungsrahmen. Doch dieses müsste dann zumindest aus der Kommentierung des BBodSchG ersichtlich sein.

Eindeutig fallen die Maßnahmen durch Stimulation der natürlichen Selbstreinigungsprozesse (siehe oben) als eine Fallgruppe von NA unter die Maßnahmen gemäß BBodSchG. Hierbei handelt es sich um die bekannten In-situ-Maßnahmen.

Für die zweite Fallgruppe der Maßnahmen ohne menschliche Einflüsse (siehe oben) trifft § 2 Abs. 7 BBodSchG nicht zu. Als sonstige Maßnahme (Schutz- und Beschränkungsmaßnahme) gemäß § 2 Abs. 8 BBodSchG, wenn also eine Sanierung nicht möglich oder unzumutbar gemäß § 4 Abs. 3 Satz 3 BBodSchG ist (wichtige Einschränkung!), kann diese Fallgruppe von NA dann nicht als gleichwertige Maßnahme zählen. Der Hinweis, dass NA immer ein Monitoring erforderlich macht, hilft da auch nicht weiter. Auch wenn die Einrichtung und Durchführung eines Monitoring eine aktive Maßnahme ist, so ist es aber nur eine aktive

Maßnahme im Sinne der Realisierung eines Hilfsmittels, um Daten und Informationen zu erhalten, um die eigentlichen Maßnahmen ableiten und begründen zu können.

Als Resümee ist somit festzuhalten: NA ist keine Maßnahme.

Nach Auffassung des BMU und des Umweltbundesamtes wird dagegen der "Kontrollierte Natürliche Rückhalt und Abbau" den sonstigen Maßnahmen gemäß § 2 Abs. 8 BBodSchG zugerechnet.

3 Anforderungen zur Beurteilung der NA-Vorgänge

Aber gleichgültig, ob NA eine Maßnahme im Sinne des BBodSchG ist oder als Element der Gefahrenbeurteilung betrachtet wird, sind Anforderungen zu formulieren, die in jedem Fall eine sichere Prognose erlauben. **Die sichere Prognose ist das entscheidende Element bei der Beurteilung der NA-Vorgänge.**

3.1 NA als Element der Gefahrenbeurteilung

Z. Zt. geht die Gefährdungsabschätzung/Gefahrenbeurteilung mehr oder weniger von der aktuell festgestellten Situation aus. Sie ist damit überwiegend als statisch anzusehen. Mit der Einführung von NA in die Gefährdungsabschätzung/Gefahrenbeurteilung wird der Beurteilungsprozess dynamisch. In diesem Fall muss sicher ableitbar sein, dass die Prüf-/Maßnahmenwerte in einer angemessenen Zeit unterschritten werden. Dieses Zeitmaß ist zu definieren! Ist dies der Fall, dann werden Sanierungsmaßnahmen nicht erforderlich. Übrigens würden im Falle der Nichtunterschreitung der Prüf-/Maßnahmenwerte auch die strengeren Sanierungszielwerte nicht durch NA-Vorgänge nicht erreicht werden.

Für die Gefahrenbeurteilung bedeutet das, dass die in Frage stehenden Schadstoffe hinsichtlich ihrer zeitlichen Abbau- und Reaktionsprozesse zu analysieren und zu quantifizieren sind. Denn es gibt Stoffe, die nicht oder erst in geologischen Zeiträumen sich abbauen und/oder umwandeln. Hierzu zählen u.a. polycyclische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit Ausnahme von Naphthalen auf Grund seiner geringen Wasserlöslichkeit. Und es gibt Schadstoffe, die sich zu nicht abbauen und zu toxisch noch gefährlicheren Stoffen umwandeln (Trichlorethen zu Vinylchlorid). D.h., dass das Stoffspektrum ganzheitlich mit allen Nebeneffekten in die Beurteilung einzubeziehen ist.

Wenn man die NA-Vorgänge in die Gefahrenbeurteilung einführt, dann sollten folgende Aspekte für die Vorgehensweise in einem Leitfaden eindeutig definiert werden:

a) Für NA-Vorgänge zugängliche Stoffe

In einem Positiv- oder Negativkatalog sollten die gefährlichen Stoffe einschließlich ihrer Abbau-/Umwandlungsprodukte aufgeführt werden, bei denen die NA-Vorgänge (s. US-EPA-Definition) überhaupt zum Tragen kommen.

Der chemische Zustand der Schadstoffe ist zu erfassen. Auf Grund des Alters können sich bereits die Schadstoffe verändert haben. So ist z.B. Arsen nicht gleich Arsen. Als Beispiel für diese Problematik sei auf eine Rüstungsaltpaste verwiesen, bei der es sich im

wesentlichen um einen „Arsenfall“ handelt. Doch welches Arsen ist gemeint? Folgende Arsenverbindungen mussten betrachtet werden:

Anorganisches Arsen:

Arsenit AsO_3^{3-}

Arsenat AsO_4^{3-}

Organisches Arsen

Triphenylarsin AsPh_3

Diphenylarsinchlorid Ph_2AsCl

Phenylarsindichlorid PhAsCl_2

Bisdiphenylarsinoxid $\text{Ph}_2\text{As-O-AsPh}_2$

Jede Verbindung zeigt ein anderes Verhalten und hat unterschiedliche toxische Eigenschaften. Es kommt also auf die Verbindungen und ihre Bindungsformen an.

Für diese Stoffe ist nachzuweisen, dass eine Unterschreitung der Prüf-/Maßnahmenwerte innerhalb von 20 Jahren (Einführung eines Zeitmaßes, kann auch anders sein) sicher prognostiziert werden kann.

In der Prognose sind auch sich evtl. verändernde hydrogeologische und geochemische Bedingungen (z.B. Grundwasserneubildung, pH-Wert, Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren wie Sauerstoff oder Fe^{3+}) zu berücksichtigen.

b) *Mit NA-Vorgängen nicht verträgliche Aspekte*

- Es ist nachzuweisen, dass das Ziel nicht durch Verdünnung erreicht wird (ko-Kriterium).
- Ausschluss der Berücksichtigung von NA-Vorgängen bei Karst- und Kluftuntergrund,
- Ausschluss bei der Sanierung der Schadstoffquellen (Schadensherde),
- bei Untergrund mit hoher Durchlässigkeit (Annahme z.B. $k_f \geq 5 \times 10^{-4}$ m/sec) und geringem Sorptionsvermögen, um eine schnelle und weitreichende Ausbreitung zu vermeiden.

c) *Kontrolle der NA-Vorgänge*

Hierfür ist zunächst eine eindeutige Definition erforderlich, was NA-Vorgängen sind und durch welche Parameter und Kriterien sie beschrieben und gemessen bzw. ermittelt werden. Nur diese gehen in die Bewertung ein.

Für diese Parameter und Kriterien sind Kennzahlen, Schwellenwerte oder ko-Kriterien festzulegen, um die Messgrößen oder über Modelle ermittelte Verhältnisse bewerten zu können im Hinblick auf eine Berücksichtigung der NA-Vorgänge.

Hydrogeologische Verhältnisse

Für die Beurteilung der AN-Vorgänge ist eine genaue Kenntnis der hydrogeologischen Verhältnisse von wesentlicher Bedeutung. D.h., es ist ein sehr genaues geologisches Modell des Untergrundes (Aufbau, Heterogenität, Durchlässigkeiten, Speicherfähigkeiten, Feinkornanteil, organische Anteile) erforderlich. Ebenfalls sind die Grundwasserverhältnisse sehr genau zu erfassen (Flurabstand, Schwankungsbereich, Strömungsrichtung, Fließgeschwindigkeit, Grundwasserneubildung).

Physikalische, chemische und biologische Effekte/Prozesse

Am Ort und auf dem Transportweg der Schadstoffe sind die Stoffe den verschiedenen Effekten / Prozessen ausgesetzt. Dabei ist zwischen der ungesättigten und der gesättigten Bodenmatrix zu unterscheiden. Bei den Effekten/Prozessen handelt es sich um

Sorption / Desorption,
Retardation,
Flüchtigkeit,
Verdünnung (Menge, Diffusion, Dispersion),
biotischer / abiotischer Abbau,
Oxidation / Reduktion,
Nitrifikation / Denitrifikation, etc..

Ein Großteil der auftretenden Phänomene basiert dabei auf Wechselwirkungen zwischen den Schadstoffen und der Untergrundmatrix.

Hierfür ist ein entsprechendes Monitoring zu entwickeln und durchzuführen, dass letztlich immer einzelfallbezogen und damit problemangepasst erfolgt. Deshalb kommen Strategien, die auf Rasterbeprobung aufgebaut sind, grundsätzlich nicht in Frage.

Bei der Untersuchung von Verdachtsflächen bzw. Altlasten sind prinzipiell drei Ebenen zu unterscheiden:

- 1. Ebene
Untersuchungen zur Gefahrenbeurteilung ohne Berücksichtigung von NA-Vorgängen
Ergebnis: Prüf- /Maßnahmenwertüberschreitung?
- 2.Ebene
Untersuchungen zur Gefahrenbeurteilung mit Berücksichtigung von NA-Vorgängen
Ergebnis: Sichere Prognose der Unterschreitung der Prüf-/
Maßnahmenwertüberschreitung?
- 3.Ebene
Untersuchungen über das Eintreffen der Prognose
Ergebnis: Prognose eingetreten?

Für alle drei Ebenen sind unterschiedliche Untersuchungsmethoden und –strategien durchzuführen, da die Zielsetzungen grundlegend verschieden sind. Für die Gefahrenbeurteilung (1. Ebene) kann auf die bewährten Instrumente der Verdachtsflächenbehandlung zurückgegriffen werden. Hier bedarf es keiner weiteren Ergänzungen. Im Zusammenhang mit den NA-Vorgängen sind nur die beiden letzten Ebenen von Bedeutung, für die jedoch unterschiedliche Anforderungen sowohl von der Anordnung der Messstellen und der Laufzeit des Monitoring gelten [4].

d) *Auswertung und Bewertung der NA-Vorgänge*

Die verschiedenen Parameter und Kriterien der NA-Vorgänge sind anhand der definierten Kennzahlen und Schwellenwerte zu bewerten. Die Schlüsselfragen dabei sind „Wie weit kann der Schadstoff migrieren?“, „Wie verändert sich der Schadstoff?“ und „In welcher zeitlichen Entwicklung laufen die Prozesse ab?“. Zur Vorhersage und Abschätzung der NA-Vorgänge ist es erforderlich, die unterschiedlichen Phänomene, Effekte und Prozesse unter den spezifischen Standortbedingungen quantitativ zu erfassen, um sie belastbar zu machen.

Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang ist, ob und wie die einzelnen Parameter bzw. Kriterien mit „und“ oder „oder“ verknüpft werden, oder ob es ko-Kriterien gibt.

Mit Sicherheit werden Verknüpfung von Parametern erforderlich werden. Dieses sollte zweckmäßigerweise unter Verwendung von Modellen erfolgen. Die modellhafte Erfassung und Prognose eines anstehenden Problems, das in der Regel immer einen komplexen Zusammenhang darstellt, erfolgt über eine sog. „Modellfamilie“. Dazu zählen:

1. Geologisches Modell,
2. Grundwassermodell,
3. Stofftransportmodelle.

Ein wichtiges Element ist das Grundwassermodell, um die Strömungsbedingungen unter den verschiedenen hydrologischen Verhältnissen (Niedrig-/Hochwasser, Grundwasserneubildung etc.) zu erfassen. Dieses ist auch wichtig für die Installierung des Monitoringsystems. Ein Grundwassermodell setzt ein geologisches Modell voraus. Für die Grundwassermodelle sind bewährte Modelle auf der Basis numerischer Modelle (Finite Differenzen, Finite Elemente) verfügbar. Sie sind Stand der Technik.

Stofftransportmodelle sind ebenfalls verfügbar. Ihr Problem bei der Anwendung liegt in der Beschreibung der Phänomene (z.B. Bioabbaubarkeit, Wechselwirkungen mit der Untergrundmatrix) und in der Ermittlung der entsprechenden Daten in Bezug auf die einzelnen Schadstoffe begründet.

Alle Modelle setzen eine Abstraktion der natürlichen Bedingungen voraus. Bereits hier können erhebliche Fehler für die Ergebnisse vorliegen.

Über die Kalibrierung (Vergleich gemessen – gerechnet), die immer erforderlich ist, um ein vertrauenswürdige Modell zur Verfügung zu haben, können teilweise fehlende und schlecht abzuschätzende Parameter ergänzt werden. Mit einem derartigen,

vertrauenswürdigen Modell können dann die erforderlichen Prognosen gewonnen sowie transparent und nachvollziehbar gemacht werden.

Wichtig ist in jedem Fall, dass das Transferverhalten der einzelnen Stoffe von der Quelle bis zum Schutzgut mit ihren Wechselwirkungen mit der Untergrundmatrix erfasst und prognostiziert werden können. Hierfür gibt es erste Ansätze [5, 6].

e) *Sonstige Aspekte bei Berücksichtigung von NA-Vorgängen*

Wenn über die Berücksichtigung der NA-Vorgänge keine Gefahr prognostiziert wird, ist es dennoch erforderlich, dass im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Vertrages festgelegt wird, wie zu verfahren ist, wenn die Prognose in dem vorgegebenen Zeitrahmen nicht eintritt. Es müssen also zu bestimmten Zeitpunkten Abbruchkriterien (Sollbruchstellen) im Verfahrensablauf festgelegt werden, um dann sofort Sanierungsmaßnahmen einleiten zu können, da der Ausschluss einer Gefahr nicht gegeben ist.

Für diesen Fall müssen auch Rückstellungen gemacht werden oder Versicherungen greifen, um die dann erforderlichen Maßnahmen treffen zu können. Dieses Procedere muss beim Verkauf des Grundstückes auf die Nachbesitzer übertragen werden.

Weiterhin muss in dem Vertrag geregelt sein, wie das Monitoring sowie die Auswertung und Bewertung über den gesamten Zeitraum organisiert und mit der Behörde abgestimmt wird.

3.2 NA als Sanierungsmaßnahme

Sollte NA ohne menschliche Einflüsse (passives Verfahren) als Maßnahme im Sinne des § 2 Abs. 8 BBodSchG gelten, dann gelten selbstverständlich die unter Punkt 3.1 dargelegten Aspekte genau so.

Im Hinblick auf den Sanierungserfolg ist dann allerdings der Zeitraum bis zur Erreichung des Sanierungszieles (Sanierungszielwert) zu verlängern. Er sollte aber 30 Jahre nicht überschreiten.

4 Welche Erfahrungen liegen vor?

Erfahrungen mit den Phänomenen des NA liegen insbesondere in den USA und in den Niederlanden vor. Hier wird NA als Sanierungsmaßnahme eingesetzt. Dafür gibt es in den USA bereits Leitlinien [2, 7]. Analysiert man die Publikationen, so stellt man fest, dass NA nur in sehr eingeschränktem Maße zum Zuge gekommen ist. Im wesentlichen handelt es sich um kleinere Schadensfälle durch undichte Tanks im Haushalt und bei Tankstellen, wobei als Schadstoffe die in der Regel abbaubaren MKW im Spiel waren. Darüberhinaus wurde NA in der Regel mit anderen Maßnahmen kombiniert.

Als weitere Schadstoffe werden BTEX genannt, die unter aeroben Bedingungen im Untergrund gut abbaubar sind. Bei Benzinschadensfällen mit Methyltertiärbutylether (MTBE) wird NA als Sanierungsmaßnahme kritisch eingeschätzt, da dieser Stoff toxikologisch bedenklich, gut wasserlöslich ist und sich schnell ausbreitet.

5. Ausblick

NA-Vorgänge zu berücksichtigen bedeutet, dass der nichtwassergesättigte und wassergesättigte Untergrund als Reaktorraum zu betrachten ist. Dieses ist vergleichbar mit dem Konzept der Reaktordeponie, das Ende der 60ziger Jahre entwickelt, aber aufgegeben wurde, da die Vorgänge nicht sicher prognostizierbar und beherrschbar waren. Deshalb sollten die NA-Vorgänge, nicht nur als Maßnahme (wenn es denn so auch gewollt sein sollte), sondern auch zur Gefahrenbeurteilung so restriktiv wie möglich eingesetzt werden.

NA ist keine Zauberformel, um billig aus der Altlastensanierung heraus zu kommen. NA ohne menschliches Zutun sollte nur unter dem Aspekt der Gefahrenbeurteilung verwendet werden, wenn eine sichere Prognose möglich ist. NA mit Stimulation der Vorgänge ist eine Insitu-Maßnahme und damit nichts Neues und mit dem Boden- und Wasserrecht verträglich.

Auch die Erfahrungen aus den USA und den Niederlanden lassen noch keine abschließenden Aussagen zu. Dafür sind die Beispiele noch zu jung. NA-Vorgänge spielen sich über lange Zeiträume ab und die getroffenen Maßnahmen unter Verwendung von NA sind erst 4-5 Jahre alt. Insofern sollten wir nicht in Euphorie verfallen und Wünschbares mit Machbarem vor dem Hintergrund des deutschen Boden- und Wasserrechts verwechseln.

Grundsätzlich sollten natürliche Prozesse nach wie vor nicht zur Entlastung von aktiven und kontrollierten technischen Maßnahmen in Rechnung gestellt, sondern vielmehr nur für die vielen nicht erfassbaren Abläufe als Dreingabe der Natur dankend genutzt werden. Alle Verantwortlichen sind aufgerufen, dass die Nachsorge sich nicht zur Lebenslüge des Grundwasserschutzes entwickelt.

5 Literatur

Lühr, H.-P. (1999)

„Natural Attenuation – Die Zauberformel zur Bewältigung von Altlasten?“

Wasser&Boden, 11/1999

US-EPA (1999)

„Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites“

United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response (OSWER); OSWER-directive 9200:4-17 P, April 1999

ISO (1999)

„Soil quality - Vocabulary: Terms and definitions related to the rehabilitation of soils and sites“

International Standardisation Organisation, Final Draft ISO/FDIS 11074-4: 1999

Lühr, H.-P. (1999)

„Grundsätze für das Monitoring im Zusammenhang mit Natural Attenuation bei der Altlastensanierung“

Altlastenspektrum, 6/1999

IWS (1997)

„Abschätzung des Transferverhaltens von Stoffen im ungesättigten und gesättigten Untergrund“

Institut für wassergefährdende Stoffe (IWS) an der TU-Berlin; F+E-Vorhaben der Senatverwaltung für Stadtentwicklung, Umwelt und Technologie Berlin, 1996, (unveröffentlicht)

Schulz-Terfloth, G.; Lühr, H.-P. (1997)

„Erfahrungen aus der praktischen Anwendung des Modells zur Abschätzung des Transferverhaltens von Stoffen bei der Untergrundpassage“

IWS-Schriftenreihe Nr. 28, E.Schmidt Verlag ,1997

AFCEE

„Technical protocol for implementation intrinsic remediation with long-term monitoring for natural attenuation of fuel contamination dissolved in groundwater“

2 Bde. – San Antonio, Texas (Air Force Center for Environmental Excellence (AFCEE), Technology Transfer Division, Brooks Air Force Base)

Lühr, H.-P. (2000)

„Natural Attenuation - Eine Insellösung oder im Einklang mit dem Bundesbodenschutzgesetz?“

Boden und Altlasten – Symposium 2000, Bodenschutz & Altlasten 9, E. Schmidt Verlag, 2000