

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

Hans-Peter Lühr

1. Einleitung

"Natural Attenuation" (NA) oder "Natürlicher Schadstoffabbau" umfasst alle natürlichen Prozesse wie biologische Abbaubarkeit, Dispersion, Sorption, Flüchtigkeit und/oder biochemische Stabilisierung von Schadstoffen, aber auch Verdünnung (hier ist ein Umdenken erforderlich, denn bislang gilt die Prämisse, "dilution is no solution"). Im Zusammenhang mit der Altlastensanierung gewinnen diese Überlegungen aber angesichts leerer Kassen schlagartig an Bedeutung und tragen gleichzeitig zur Verunsicherung bei. Auch wenn NA nicht das Sanierungsverfahren sein wird, wie viele Sanierungspflichtige vielleicht zu träumen hoffen, so sollte die Frage "How clean is clean?" selbstverständlich auf der Basis von verbleibenden Gesundheits- und ökologischen Restrisiken unter Berücksichtigung umweltbedingter Transport- und Transformationsprozessen entschieden werden, wobei NA eine nicht unwesentliche Rolle spielt.

Die Frage, ob NA ein Standardsanierungsverfahren ist oder sein kann, ist in Deutschland noch nicht entschieden. Wenn man die Frage positiv entscheiden sollte, dann kann NA nur ein Sanierungsverfahren im Rahmen der Gefahrenabwehr und des Verhältnismäßigkeitsprinzips sein, dessen einziger technischer Bestandteil die Überwachung und Untersuchung der Selbstreinigungsvorgänge darstellt. Auch muss die Frage von NA im Rahmen der bewährten Abläufe der Gefährdungsabschätzung eingebunden sein und nicht die Rolle einer Insellösung haben. Das bedeutet auch, dass NA über das BBodSG mitabgedeckt wird. NA bedeutet nämlich nicht, daß nichts mehr zu tun ist und daß man zur Tagesordnung übergehen kann. NA erfordert vielmehr eine wesentlich umfangreichere und intensivere Betrachtung und Untersuchung des Einzelfalls.

Wenn man das voraussetzt, dann ist NA ein gleichwertiges Element neben den bewährten Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen einschließlich der reaktiven Wände. Die Entscheidung kann deshalb auch nur einzelfallbezogen erfolgen, wenn eindeutig ist, daß die Prüf- und/oder Maßnahmenwerte überschritten sind. D. h., die Entscheidung für NA als Maßnahme im Einzelfall erfolgt nach der orientierenden Bewertung, die mit dem Vorschlag für die einzuleitende Maßnahme abschließt. Um eine Sanierung durch NA positiv beantworten zu können, sind eindeutig belastbare Fakten zu schaffen. Diese sind an

die Voraussetzung eines umfassenden, problemorientierten Monitoring, einer Modellierung des Schadstoffverhaltens und einer Risikoabschätzung gebunden. Dabei führt die Risikoabschätzung zu bestimmten Modellierungen, die auf spezifische Daten/Informationen für die unterschiedlichen Phänomene zurückgreifen muß. Diese Daten sind nur über ein problemangepasstes Monitoring zu gewinnen.

2. Voraussetzungen für ein NA-Monitoring

Zunächst muss im Einzelfall festgestellt werden, ob die Prüf- und/oder Maßnahmenwerte für Boden und/oder Grundwasser überschritten sind. Dieses erfolgt mit den vorhandenen und erprobten Untersuchungsstrategien und -methoden der Altlastenbehandlung. Unter der Voraussetzung der Prüf- und/oder Maßnahmenwertüberschreitung sind folgende Verhältnisse zu klären, wenn man als Sanierungsmaßnahme NA ins Auge gefasst hat:

1. Schadensherd und Schadstofffahne,
2. Schadstoffe,
3. Hydrogeologische Verhältnisse,
4. Physikalische, chemische und biologische Effekte/Prozesse.

NA ist eine Funktion der zuvor aufgeführten Faktoren, die den Erfolg ihres Einsatzes als aktive Maßnahme unterschiedlich beeinflussen.

1. Schadensherd und Schadstofffahne

Für die Beurteilung der Einzelfallsituation ist die Lage und Kubatur des Schadensherdes und der Schadstofffahne der Kontamination als Bezugsgröße zur Abschätzung der maximalen Schadstofffracht und für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung von ausschlaggebender Bedeutung. Dieses ist für die Modellierung sowohl der historischen Entwicklung als auch der Prognose unverzichtbar.

2. Schadstoffe

Der genaue chemische Zustand der Schadstoffe ist zu erfassen. Auf Grund des Alters der Schadstoffquelle können sich bereits die Schadstoffe verändert haben. So ist z. B. Arsen nicht gleich Arsen. Als Beispiel für diese Problematik sei auf eine Rüstungsaltpastille verwiesen, bei der es sich im wesentlichen um einen "Arsenfall" handelt. Doch welches Arsen ist gemeint? Folgende Arsenverbindungen mußten betrachtet werden:

Anorganisches Arsen:

Arsenit

Arsenat

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.

Es ist dann für die Komponenten getrennt festzustellen, ob sie sich verändern (chemisch, abbaubar zu was) können, ob sie löslich und mobil oder standort-treu sind.

3. Hydrogeologische Verhältnisse

Für die Beurteilung des Einsatzes von AN 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).

4. Physikalische, chemische und biologische Effekte/Prozesse

Am Ort und auf dem Transportweg der Schadstoffe sind sie 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.

Mit einem NA-Monitoringprogramm sind die Grundlagen und Informationen zu gewinnen, die eine Quantifizierung der oben aufgeführten Prozesse ermöglichen müssen, um die Konzentrations- und Schadstoffkonzentrationsveränderung der verschiedenen, relevanten Schadstoffe in ihrer zeitlichen Entwicklung sicher prognostizieren zu können. Die sichere Prognose ist das entscheidende Element für die Wahl von NA. Mit einem NA-Monitoringprogramm müssen deshalb im jeweiligen Einzelfall die limitierenden Faktoren gemessen werden können. Diese stellen

weitgehend ein räumliches Problem dar, das mit den konventionellen Punktmessungen schwerlich zu erreichen ist. Somit entstehen neue Anforderungen und auch Herausforderungen an die Untersuchungsmethoden, die Analytik und die Interpretation.

3. Entwurf eines NA-Monitoringprogramms

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

- 1. Ebene
Untersuchungen zur Gefahrenbeurteilung
Ergebnis: Prüf-/Maßnahmenwertüberschreitung?
- 2. Ebene
Untersuchungen für behördliche Entscheidung über NA als Sanierungsverfahren
Ergebnis: Sichere Prognose der Selbstreinigung?
- 3. Ebene
Untersuchungen für die Erfolgsbilanz von NA
Ergebnis: Prognose ist eingetreten?

Für alle drei Ebenen sind unterschiedliche Untersuchungsstrategien und -methoden 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 NA 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.

Da NA nur einzelfallbezogen, d. h. individuell im Zusammenhang mit der jeweiligen Altlast zu betrachten ist, müssen die Monitoringprogramme darauf abgestimmt sein. Deshalb kommen Strategien, die auf Rasterbeprobung aufgebaut sind, grundsätzlich nicht in Frage.

Wenn berechtigte Möglichkeiten bestehen, NA als Sanierungsmaßnahme wählen zu können, dann müssen zunächst sehr intensiv und umfassend die zuvor dargestellten Voraussetzungen (Kap. 2) geklärt werden. Das Monitoringprogramm für die Maßnahmenentscheidung für NA (2. Ebene) ist so zu entwerfen, dass alle relevanten Effekte/Prozesse erfaßt und eindeutig bewertet werden können.

Zunächst ist festzustellen, ob sich der Schadensherd bzw. die Kontamination in der nicht wassergesättigten Zone oder in der wassergesättigten Zone befindet, denn davon hängen die Lage und die Arten der Probenahmen ab. Hierbei kann auf die Vorgehensweise, wie sie in dem gemeinsamen Papier der Länderarbeitsgemeinschaften Wasser (LAWA) Boden (LABO), Abfall (LAGA) niedergelegt sind [1], zurückgegriffen werden. Während Schadstoffquellen in der nicht wassergesättigten Zone auf Boden (Aufschluß, Eluat) und Sickerwasser zu untersuchen sind, sind Schadstoff-

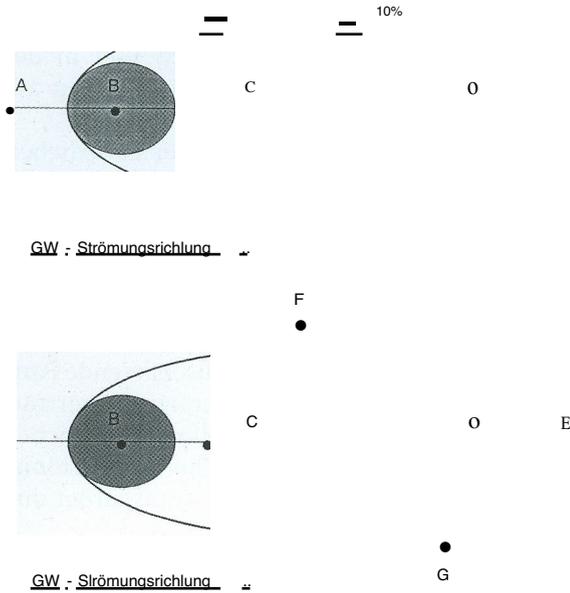


Bild 1
Monitoring zur Gefahrenbeurteilung und Maßnahmenentscheidung für NA

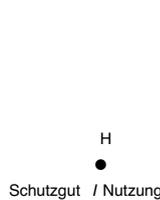


Bild 2
Langzeit-Monitoring zur Erfolgsbilanz

quellen im Grundwasser auf Boden und Grundwasser zu untersuchen. Weiter ist zu unterscheiden, ob der Schadensherd und/oder die Schadstofffahne zu untersuchen sind. Wichtig ist in jedem Fall, dass das Transferverhalten der einzelnen Stoffe von der Quelle bis zum Schutzgut in ihrer Wechselwirkung mit der Untergrundmatrix erfasst und prognostiziert werden kann. Hierfür gibt es erste Ansätze [2, 3].

Für die Beurteilung z. B. der Grundwassersituation (diese ist hinsichtlich des Transferverhaltens immer die maßgebende Situation) sind als Mindestanforderung in Grundwasserströmungsrichtung folgende Grundwassermessstellen, wenn die Hauptströmungsrichtung festliegt, einzurichten (Bild 1):

- 1 Anstrommessstelle (A),
- 1 Messstelle im Schadenszentrum (B),
- 1 Messstelle im unmittelbaren Nahfeld des Schadensherdes (30 - 50 m) (C),
- 1 Messstelle im Fernfeld des Schadensherdes, z. B. 10 %-Linie der Ausgangskonzentration (D).

Für die Interpretation der an diesen Stellen gemessenen Konzentrationen sind die einzelnen Effekte/Prozesse heranzuziehen, um die Situations- und Prognosebeurteilung begründen zu können.

Zur Beurteilung des Erfolges des NA (3. Ebene) ist ein Monitoringprogramm zu entwerfen und zu realisieren, das die Informationen liefern muss, um

1. den Nachweis zu erbringen, daß NA so eintreten ist, wie es prognostiziert wurde,
2. alle potentiell toxischen Transformationsstoffe zu identifizieren, die durch Bioabbaubarkeit entstanden sind,
3. die geometrische Veränderung der Ausdehnung des Schadensherdes zu erfassen,
4. festzustellen, daß kein Einfluss auf die betroffenen Schutzgüter stattgefunden hat,
5. alle Effekte festzustellen, die einen Einfluss auf die

Umfeldbedingungen und die Schadstoffe haben können und damit die Effektivität von NA negativ beeinflussen.

Für die Beurteilung z. B. der Grundwassersituation sind als Mindestanforderung folgende Grundwassermessstellen einzurichten (Bild 2):



Ingenieure für den Schutz
unseres Grundwassers

TEAM GRUNDWASSER

**"UNatürliche Rühthalte- und Abbauprozesse"
und
"Der Schutz des Grundwassers"**

das muß kein Widerspruch sein!

Fordern Sie weiteres Infomaterial
zu diesem Thema an



**Dr. Jungbauer + Partner
Umwelt Consult GmbH**

Motorstrasse 5 0-70499 Stuttgart
Tel.: 0 71 1- 830 76- 0

PESCHLA + ROCHMES GMBH

Hertelsbrunnenring 7 0-67657 Kaiserslautern
Tel.: 0631-34113-0



WCI Umwelttechnik GmbH

Sophie-Charlotten-Str. 33 0-14059 Berlin
Tel.: 0 30 -32 60 94 81

- 1 Messstelle im Schadenszentrum (B),
- 1 Messstelle im unmittelbaren Nahfeld des Schadensherds (30 - 50 m vom Schadenszentrum) (C),
- 1 Messstelle im Fernfeld des Schadensherdes, 10 %-Linie der Ausgangskonzentration (D),
- 3 Messstellen außerhalb des Kontaminationsbereichs (E,F,G),
- 1 Messstelle vor dem Schutzgut (H).

Für beide Betrachtungsebenen sind die Messstellen über die Tiefe problemorientiert anzuordnen. Die Häufigkeit der Probenahmen und Analysen hängen ab von der Lage der Messstellen entsprechend der Problemlage und von der Grundwasserströmungsgeschwindigkeit ab.

Für die Beendigung des Monitorprogramms gibt es grundsätzlich vier alternative Ansätze:

1. Überwachung bis der gesamte Schadensherd saniert ist,
2. Überwachung bis sich die Restschadstoffe als standorttreu erweisen,
3. Überwachung bis zu der nach einer Risikobetrachtung tolerierbaren Grenze,
4. Überwachung bis zu einer Grenze, die sich am Verhältnismäßigkeit grunda tz orientiert.

Diese verschiedenen Abbruchkriterien bedingen eine unterschiedliche Zeitdauer, deren Prognose sehr schwierig ist. Dadurch entstehen unwägbar Unsicherheiten für den Sanierungspflichtigen.

4. Modellierung

Die Schlüsselfragen für die Entscheidung zugunsten NA 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 Möglichkeiten des Einsatzes von NA ist es erforderlich, die unterschiedlichen Phänomene, Effekte und Prozesse unter den spezifischen Standortbedingungen quantitativ zu erfassen, um sie belastbar zu machen. Dieses erfolgt zweckmäßigerweise unter Verwendung von Modellen. 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 des 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.

Die 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, die letztlich die Entscheidung zugunsten NA bilden.

Über die Kalibrierung (Vergleich gemessen - gerechnet), die immer erforderlich ist, um ein vertrauenswürdigeres Modell zur Verfügung zu haben, können teilweise fehlende und schlecht abzuschätzende Parameter ergänzt werden. Mit einem derartigen, vertrauenswürdigen Modell können dann die erforderlichen Prognosen, die die Grundlage für die Entscheidung zugunsten NA sind, gewonnen sowie transparent und nachvollziehbar gemacht werden.

5. Schluss

NA stellt letztlich eine Beurteilung des Transferverhaltens von Schadstoffen von der Quelle bis zum Schutzgut/Nutzung. Insofern ist es nichts Neues in der Beurteilung einer Schadenssituation. Neu ist nur die Entscheidungsfindung zugunsten NA als aktives Element der Sanierungs möglichkeiten, weil Prozesse wie Abbaubarkeit und Verdünnung eine Rolle spielen, die bislang weitgehend außerhalb aller Betrachtungen waren. Wesentlich hierbei ist allerdings, dass die Aufarbeitung und Untersuchung der komplexen, raumbezogenen Prozesse, für die geeignete Untersuchungsmethoden erst am Anfang stehen, sehr viel intensiver erfolgen muss als bislang üblich. Und dieses erfordert hohen Sachverstand für die Planung der Informationsbeschaffung und der Phänomenaufklärung.

Wenn man in Deutschland NA als aktives Sanierungselement näher treten will. Dann müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit dem BBodSG und die Bedingungen für den Sanierungspflichtigen (Konkretheit der Sanierungsanordnung/des Sanierungsvertrages, Verpflichtung zu Rückstellungen für den Fall, dass die Prognose nicht eintritt) geklärt werden. Ferner ist auf der Basis der zuvor dargestellten Grundsätze für ein Monitoring und für eine sichere Prognose ein entsprechendes technisches Regelwerk zu etablieren.

6. Literatur

- [1] Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser LAWA,LABO,LAGA,1998
- [2] Abschätzung des Transferverhaltens von Stoffen im ungesättigten und gesättigten Untergrund Institut für wassergefährdende Stoffe (!WS) an der TU-Berlin; F+E-Vorhaben der Senatverwaltung für Stadtentwicklung. Umwelt und Technologie Berlin, 1996, (unveröffentlicht)
- [3] G. Schulz-Terfloth. H.-P. Lühr Erfahrungen aus der praktischen Anwendung des Modells zur Abschätzung des Transferverhaltens von Stoffen bei der Untergrundpassage,!WS-Schriftenreihe.Nr. 28, E. Schmidt Verlag, 1997

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Hans-Peter Lühr
HPL-Umwelt-Consult GmbH
Edelhofdamm 33, 13465 Berlin