

Vorwort des Redakteurs

Wieder einmal musste die neue Ausgabe der *Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell* in der Prioritätenliste etwas zurückstehen. Diesmal war es die Überarbeitung und Aktualisierung der Arbeitshilfen BoGwS, die zuerst an der Reihe war. Diese ist nun abgeschlossen und steht seit Dezember 2005 im Internet zur Online-Nutzung und zum Download zur Verfügung.

<http://www.arbeitshilfen-bogws.de>

Schwerpunkt der Aktualisierung war die Überarbeitung des Anhangs 3 inkl. Vertragsmuster und Kurzcharakteristik von Sanierungsverfahren. Die aktuelle RBBau wurde berücksichtigt, Internetadressen wurden überprüft und nebenbei einige Tippfehler beseitigt. Die kompletten inhaltlichen Änderungen können Sie der Änderungsverfolgung in der Online-Version entnehmen.

Als Ergänzung zu den Arbeitshilfen BoGwS habe ich in dieser Ausgabe drei Themen aus den in der OFD Hannover durchgeführten Praxis-Seminaren aufgegriffen. Sie basieren auf Erfahrungen bei der Untersuchung von Bundesliegenschaften und wurden diesmal (ausnahmsweise) alle von mir verfasst. Sie ersetzen kein Lehrbuch und keine Handlungsanleitung. Sie sollen zum Nachdenken und zum Nachfragen und vielleicht auch zum Widerspruch und zu Verbesserungsvorschlägen anregen.

Heft 8 enthielt bereits einige "Gedanken zur Repräsentativität von Bodenuntersuchungen", die hier fortgeführt werden. Daraus ergeben sich automatisch eine Fülle weiterer Fragestellungen, über die es sich lohnt nachzudenken bzw. Erfahrungen und Tipps auszutauschen.

Da ist weiterhin die Rammkernsondierung, ein bewährtes Instrument zur Unterstützung der Baugrunderkundung, das seit dem Bekanntwerden der ersten "Altlasten" auch zur Probengewinnung bei der Erkundung chemischer Bodeneigenschaften eingesetzt wird - nicht immer mit bestem Erfolg. Daran schließen sich thematisch einige Beispiele zur Untersuchungsstrategie bei der Verdachtsflächenerkundung und zum Umgang mit Kontaminationshypothesen an. Kennen Sie auch ein Beispiel einer guten Kontaminationshypothese? Kombinieren Sie mit - es kann manchmal richtig Spaß machen, das Denkbare zu denken.

Auch einige Hinweise auf Normen und Veröffentlichungen dürfen nicht fehlen. Das was sonst noch seit der letzten Ausgabe passiert ist, können Interessierte dem von der OFD Hannover veröffentlichten *Jahresbericht 2003/2004* der Leitstellen des Bundes entnehmen, den ich an dieser Stelle zur Lektüre empfehle.

<http://www.ofd-hannover.de/LA>

Wir wollen die Vorstellung praktischer Themen in den nächsten Ausgaben, die etwas regelmäßiger als bisher erscheinen sollen, fortsetzen. "Natural Attenuation" und "Sickerwasserprognose" sind zwei Dauerbrenner, bei denen immer noch verbreitet Unsicherheiten bei der Umsetzung bestehen. Diese Unsicherheiten münden gelegentlich in regionale oder gar lokale Besonderheiten bei der Auslegung bestehender (oder vermeintlicher) Regeln, was zur Ungleichbehandlung von vergleichbaren Sachverhalten führen kann. Hier wollen wir mit Fachbeiträgen, Literaturhinweisen und Fallbeispielen den übergreifenden Meinungs- und Erfahrungsaustausch unterstützen, damit einmal gefundene Lösungen auch mehrfach genutzt werden können.

Dieter Horchler

Weitere Gedanken zur Repräsentativität von Bodenuntersuchungen

(Fortführung aus Heft 8)

Das Ziel von Bodenuntersuchungen ist es, bestimmte Eigenschaften des Bodens (z. B. Schadstoffgehalte oder die Wasserdurchlässigkeit usw.) zu ermitteln. Da der Boden nicht als Ganzes untersucht werden kann, müssen geeignete Stichproben entnommen und stellvertretend für die Gesamtmenge des Bodens untersucht werden.

Die Proben selbst sind nach der Untersuchung kaum noch von Interesse und werden in den seltensten Fällen wieder eingebaut. Auch werden die Proben durch den Messvorgang meist zerstört. Die an ihnen gemessene Bodeneigenschaft war das Ziel der Untersuchung. Diese wird auf die Umgebung der entnommenen Bodenprobe übertragen, in der Annahme, dass der benachbarte, nicht mit in die Probe gelangte Boden die gleichen Eigenschaften hat. In der Statistik nennt man diese Vorgehensweise "Schätzen". Wir können eine Boden-

oder Grundwasserkontamination nicht durch an ihr durchgeführte Messungen beurteilen, sondern nur anhand der aus Stichproben abgeleiteten Schätzwerte.

Wie weit die Schätzwerte zutreffend sind, hängt u. a. von der Inhomogenität des Bodens bezüglich

der betrachteten Eigenschaft, vom Maßstab der Betrachtung und von der räumlichen Reichweite dieser "Gleichheitsannahme" ab.

Die folgenden Grafiken sollen dieses Problem etwas plakativ verdeutlichen.

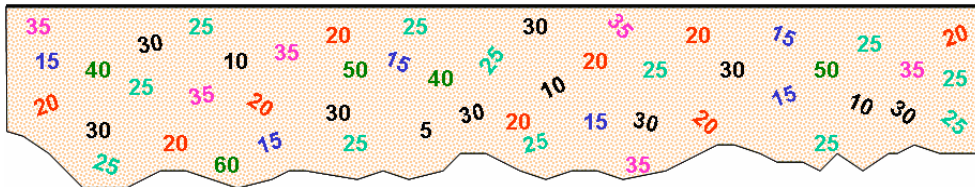


Abb. 1: Eine von unzähligen vielen möglichen Werteverteilungen im Bodenprofil

Abb.1 zeigt einen vertikalen Bodenprofilschnitt (z. B. durch eine Auffüllung von ca. 1 m Mächtigkeit) in dem die Gehalte eines beliebigen Stoffes in mg/kg eingetragen sind. Im Vergleich zu den meisten realen Fällen streuen die Werte hier relativ gering. In der folgenden Abb. 2 sind die vorkommenden Gehalte als Histogramm dargestellt.

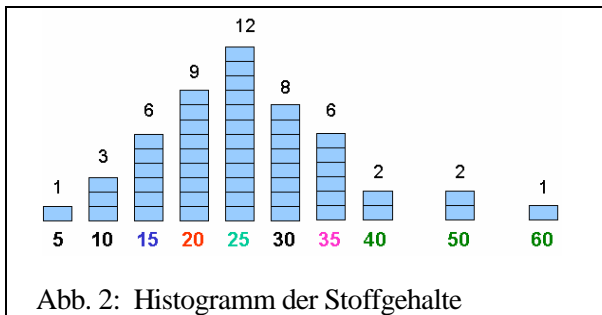


Abb. 2: Histogramm der Stoffgehalte

- Es treten Werte zwischen 5 und 60 auf.
- Das arithmetische Mittel beträgt 25,9 und unterscheidet sich vom Medianwert (25) nur wenig, da die Verteilung nahezu symmetrisch ist.
- Die Verteilung entspricht etwa einer Normalverteilung (mit leichter positiver Schiefe).
- Das 90-Perzentil beträgt 40 (d. h., 90% der Werte sind kleiner oder gleich 40).
- Das 95-Perzentil beträgt 50.

Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass man die Eigenschaft "Stoffgehalt" des Bodens nicht mit einer Zahl umfassend darstellen kann.

In der Praxis der Bodenuntersuchung sind diese statistischen Kenngrößen nicht bekannt, da man ja nicht alle im Boden vorkommenden Gehalte messen kann und nur einige wenige Stichproben zur Verfügung hat. Eine übliche Vorgehensweise ist die Probenahme entlang eines Rasters und das Vereinigen der Einzelproben zu einer Mischprobe.

Die folgende Abb. 3 zeigt zwei Beispiele solcher Rasterbeprobungen und mögliche Zufallseffekte als Folge unterschiedlich positionierter Raster.

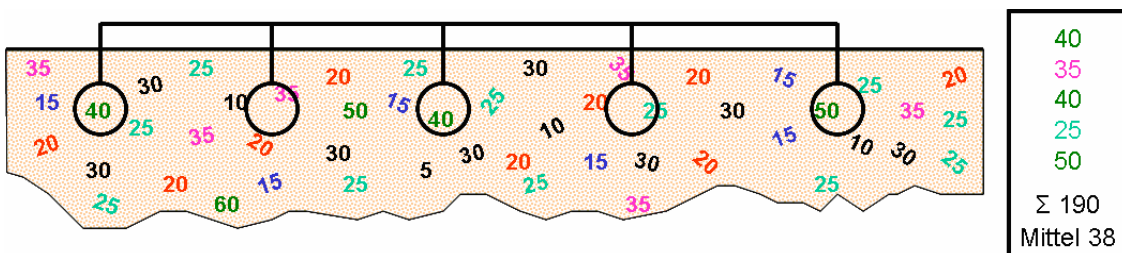


Abb. 3a: Probenahmeraster Variante 1

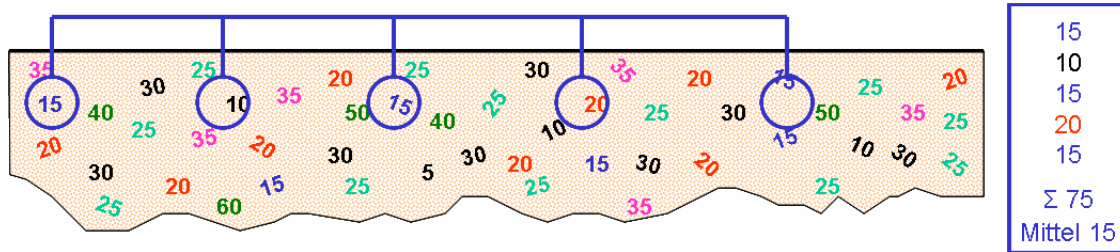


Abb. 3b: Probennahmeraster Variante 2

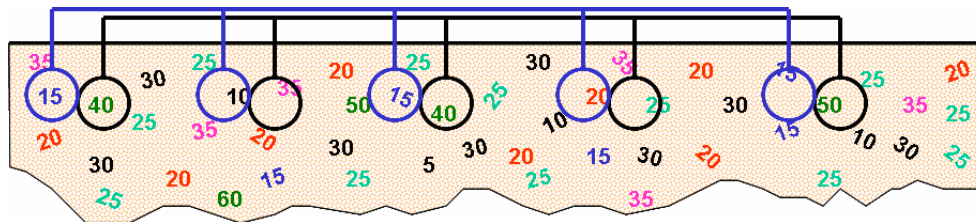


Abb. 3c: Gegenüberstellung beider Probennahmeraster

Das Beispiel zeigt, dass sich selbst bei dieser auf den ersten Blick recht gleichmäßigen Werteverteilung im Boden bei zwei nahezu identischen Untersuchungsrastern die Ergebnisse zufallsbedingt deutlich unterscheiden können. Der maximale Einzelwert der Variante 2 (20) ist noch deutlich niedriger als der minimale Einzelwert der Variante 1 (25).

Das spielt keine Rolle, wenn in diesem Beispiel ein Wert von 200 als Handlungsschwelle gelten würde und alles darunter unerheblich wäre. Kommen wir aber mit den Messwerten in die Nähe einer solchen Schwelle, etwa einem Prüfwert der BBodSchV, muss dies beachtet werden.

Auf die in Heft 8 der Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell gestellte Frage hat sich noch niemand mit einer Antwort bei uns gemeldet: Welcher Wert ist der Prüfwert der BBodSchV? Ist damit das arithmetische Mittel, der Medianwert, der Maximalwert oder ein bestimmter Perzentilwert gemeint?

Man kann sich der Antwort nähern, wenn man die toxikologische Ableitung der Prüfwerte betrachtet. Dabei geht es um Expositionsannahmen und -szenarien, um tolerierbare resorbierte Dosen (TRD) und Aufnahmezeiten. Die Prüfwerte stellen keine Gefahrenschwelle dar für kurzfristige toxische Wirkungen sondern die für eine langfristige (über die gesamte Zeit der Exposition) Aufnahme von Schadstoffen. Es kann sich daher nicht um

Maximalwerte handeln, denn die treten im Normalfall nur ganz vereinzelt auf, während die häufigsten Werte deutlich niedriger liegen.

Im oben dargestellten Beispiel ist entsprechend der Häufigkeitsverteilung (s. Abb. 2) die Wahrscheinlichkeit einen Teil des Bodens "zu erwischen", der den Wert 15 hat, genauso hoch wie einen, der den Wert 35 hat (12%). Über eine länger dauernde Exposition ist danach anzunehmen, dass ein mittlerer Wert für die Expositionsannahmen zu Grunde zu legen ist. Aber ganz eindeutig ist das nicht, denn da gibt es ja noch andere theoretische Feinheiten.

Und das größere Problem ist die Unsicherheit darüber, ob die gemessenen Werte denn die tatsächlich vorhandene Stoffverteilung gut genug repräsentieren. Beide Varianten der Mischprobenahme (s. Abb. 3) lieferten arithmetische Mittelwerte, die vom Gesamtmittel deutlich abweichen. Aber woher weiß ich das in der Praxis?

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der untersuchten Stichproben und der Sicherheit des Ergebnisses ist bekannt und einleuchtend. In den Niederlanden wurden z. B. Untersuchungen an 2570 Haufwerken von Bodenmaterial (also kein anstehender, sondern bereits ausgehobener und dadurch vermengter Boden) systematisch ausgewertet. Dabei stellte sich heraus, dass die verbreitete Vorgehensweise, 2 Mischproben aus je 6 Einzelproben zu untersuchen, keine verlässlichen

Ergebnisse liefert. Stattdessen wird vorgeschlagen, 2 Mischproben aus je 50 Einzelproben zusammenzustellen. Deren Analysenergebnisse sind hinreichend geeignet, die mittleren Stoffgehalte in einem Bodenhauwerk zu repräsentieren (LAMÉ et al. (2005): Validated sampling strategy for assessing contaminants in soil stockpiles.- Environmental Pollution 134: 5-11).

Im Rahmen des von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) beauftragten Untersuchungsvorhabens "Geostatistische und statistische Methoden und Auswerteverfahren für Geodaten mit Punkt- und Flächenbezug" wurde das Ergebnis erarbeitet, dass für die Bestimmung statistischer Kenngrößen und die anschließende geostatistische Analyse das Messwertkollektiv für die betrachtete homogene Raumeinheit mindestens einen Stichprobenumfang von $n = 20$ haben sollte (BACKES et al. (Juni 2004): Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden.- <http://www.labo-deutschland.de/> - Veröffentlichungen).

Leider sind die genannten Empfehlungen nicht direkt anwendbar, denn eine zu untersuchende Verdachtsfläche ist in der Regel weder ein Hauwerk aus Bodenmaterial noch eine "homogene Raumeinheit" sondern eher ein inhomogener Fremdkörper innerhalb letzterer. Die "Arbeitshilfe Qualitätssicherung" der LABO (2002) gibt in Tabelle 1.1 für Kontaminationsschwerpunkte als Orientierungshilfe folgende Hinweise:

Flächengröße der vermuteten Kontaminationsschwerpunkte in m ²	Anzahl der Beprobungspunkte
< 100	2 - 3
100 - 500	2 - 4
500 - 1.000	4 - 6
1.000 - 2.000	6 - 8

Weitere Beprobungen sind zwischen den Kontaminationsschwerpunkten vorzunehmen und auch außerhalb der Kontamination zur Feststellung der örtlichen Hintergrundgehalte. Die zusätzliche Anforderung, dass bei "punktuellen Eintragsquellen" die Beprobungspunkte von der Quelle aus "in alle Richtungen zu legen" sind,

relativiert diese Empfehlung jedoch wieder. Denn z. B. bei Lecks an einer Zapfsäule, die sich recht sicher auf < 100 m² lokalisieren lassen, wird man mit 2 - 3 Beprobungspunkten nicht alle Richtungen abdecken können.

Fazit: Es sind an den Einzelfall angepasste und für den Einzelfall begründete Vorgehensweisen zu wählen und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Allgemeine Vorgaben können, wie ausdrücklich von der LABO angemerkt, nur als Orientierungshilfe dabei dienen. Daher ist nach Möglichkeit auch eine Abstimmung der Vorgehensweise zu empfehlen. Welche Informationen brauchen wir für die zu treffenden Entscheidungen, wie genau müssen die Aussagen sein, welche Unsicherheiten können wir uns (nicht) leisten.

Zu bedenken ist dabei, dass bei einer Fläche von 1.000 m² und einer angenommenen relevanten Bodenmächtigkeit von 1 m mit 5 Proben (mit einem Volumen von jeweils rund 500 ml) ein Stichprobenvolumen von 2,5 l aus 1.000.000 l entnommen wird, also 1 : 400.000. Es ist daher dringend zu empfehlen, zusätzliche Informationen während der Probenahme zu erfassen, die Auskunft über die Repräsentativität der Proben geben können.

Aber das ist ein anderes Thema.

Erkundung mit Rammkernsondierungen

DIN 4021 (Baugrund - Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben, Okt 1990) beschreibt das üblicherweise als "Rammkernsondierung" bezeichnete Aufschlussverfahren als "Kleinrammbohrung" ("Kleindruckbohrung" bei drückendem Bohrvortrieb).

Die Norm stellt fest, dass der Einsatz von Kleinbohrungen durch das Größtkorn des zu untersuchenden Bodens begrenzt wird. Kleinrammbohrungen sind danach in der Regel einsetzbar in Böden mit einem Korndurchmesser bis zum 0,2-fachen des Innendurchmessers des Entnahmerohrs. Ungeeignet ist dieses Verfahren in Böden mit einem Korndurchmesser größer als das 0,5-fache des Innendurchmessers des Entnahmerohrs. Bereits Mittelkies (Korngrößen 6,3 bis 20 mm) wird danach von Kleinbohrungen (Außendurch-

messer definiert als max. 80 mm) nicht mehr uneingeschränkt erfasst. Dies gilt für den Anwendungsbereich der Norm, also Aufschluss und Probenahme von Boden als Baugrund und Baustoff. Die Überprüfung von Verdachtsmomenten auf chemische Verunreinigungen des Bodens ist nicht der direkte Anwendungsbereich. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Grenzen der Einsatzmöglichkeiten der hier beschriebenen Verfahren besonders kritisch zu betrachten.

Auch bei der Baugrunderkundung sind Kleinbohrungen nur eines von vielen möglichen Hilfsmitteln zur Informationsgewinnung. Nach DIN 4021 lassen sie in geeigneten Böden "die Schichtenfolge, unter Umständen auch die Feinschichtung, gut erkennen und sind zur Ergänzung von aufwendigeren Aufschlüssen geeignet".

Entscheidend ist die Zielstellung, sind die mit Hilfe der Kleinbohrungen zu beantwortenden Fragen. Wenn es z. B. gilt, die Hypothese zu prüfen, dass im Boden versickertes Mineralöl das in 3 m bis 5 m Tiefe anstehende Grundwasser im Schmelzwassersand erreicht und sich im Grundwasserschwankungsbereich ausgebreitet hat, dann können sie ein hervorragend geeignetes Instrument darstellen. Dann spielt auch die maximale Korngröße des Bodens (sofern dadurch die Bohrungen nicht unmöglich gemacht werden) keine bedeutende Rolle, so lange es nur um die Frage geht, ist das Öl da oder nicht.

Will ich dagegen Vergleichswerte zur Entscheidungsfindung heranziehen, kann es problematisch werden, wenn diese Vergleichswerte eine Unterscheidung in Feinboden und Bodenskelett (Fraktion > 2 mm) verlangen.

Eine weitere Schwachstelle der Kleinbohrungen sind mögliche Verschleppungen der Schichtenfolge oder Stauchungen und ähnliche Vorgänge, die zu Kernverlusten führen. Selbst unter angenommenen idealen Bedingungen in nichtbindigem Boden wurden bei systematischen Versuchen erhebliche Verschleppungen um mehrere cm bis dm in Kleinrammbohrungen beobachtet. (z. B. BÜCHERL, K. et al.: ITVA - Vergleichsprobenahme - Ein "Ringversuch" für Rammkernsondierungen.- altlasten spektrum 2/2005, S. 65 -69)

Auch örtliche Kernverluste oder Nachfall aus höher gelegenen Bodenschichten lassen sich kaum vollständig vermeiden. Auffallend ist, dass Nach-

fall und Kernverluste in Schichtenverzeichnissen von Kleinrammbohrungen nur selten dokumentiert sind. Dabei ist es keinesfalls immer zweifelsfrei möglich, die offensichtlichen Beobachtungslücken durch Extrapolation zu schließen oder offensichtliche Stauchungen wieder "zurechtzurücken". Tatsächlich beobachtete Schichtenfolgen und "rekonstruierte" haben eine unterschiedliche Aussagequalität. Diese muss berücksichtigt werden können. Sie darf nicht durch (?)gut gemeinte kommentarlose Ergänzungen der Schichtenbeschreibung verschleiert werden.

Die "[Anforderungen an Probennahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften](#)" (Mai 2001) berücksichtigen die möglichen Verschleppungen und Kernverluste bei Kleinbohrungen und empfehlen das Tolerieren von bis zu 20% Kernverlusten (je nach konkreter Fragestellung und Untergrundbedingungen). Dafür werden exakte Dokumentationen erwartet.

Einen entscheidenden Nachteil von Kleinbohrungen kann der geringe Beobachtungsquerschnitt von nur wenigen Quadratzentimetern darstellen. Gefügemerkmale des Bodens lassen sich darin kaum zuverlässig erfassen, oft noch nicht einmal erahnen. Gerade das Bodengefüge ist aber entscheidend für die Durchlässigkeit des Bodens für Flüssigkeiten und Gase und damit für die mögliche Mobilisierung von Schadstoffen.

Aus dem geringen Querschnitt resultiert auch ein geringes gewinnbares Bodenprobenvolumen. Eine "Rammkernsonde" mit 60 mm Außen- und 50 mm Innendurchmesser fasst auf 1 m Länge ein Volumen von knapp 2 Litern. Zieht man die bei der Probennahme zu verwerfenden Randbereiche ab, bleibt ein Probenvolumen von etwa 1 Liter (großzügig betrachtet).

Bezogen auf einen Bodenwürfel von 1 m Kantenlänge ergibt eine Kleinrammbohrung DN 60 (60 mm Außendurchmesser) einen beprobten Bodenanteil von 0,1 %. Bei einem Probenraster von 10 m x 10 m (bezogen auf 1 m Tiefe) entspricht dies einem beprobten Bodenanteil von 0,001 % oder 1 : 100.000. Und von diesem Liter Probenmaterial wird weniger als ein Hundertstel im Labor analysiert. Ist dieser Analysenwert repräsentativ für den untersuchten Boden?

Ja - vielleicht!

Auf die Frage: "Sind Kleinbohrungen zur Erkundung von Verdachtsflächen geeignet?" die klare Antwort: "Es kommt darauf an, was man daraus macht!" Die Vorteile müssen konsequent genutzt werden, und die Nachteile dürfen den erforderlichen Informationsgewinn nicht in Frage stellen. Die Bewertung in der DIN 4021 als ergänzende Methode kommt nicht von ungefähr.

Unter versiegelten Flächen kommt man schlecht an den Boden heran. Ein Bohrloch lässt sich oft noch herstellen und auch zuverlässig wieder verschließen. Aber wie oft muss wegen unklarer Spartenlage von Hand vorgeschachtet werden? Viele Fragestellungen lassen sich bereits an dem Aufschluss, der durch das Vorschachten entsteht, klären, so dass es der anschließenden Bohrung nicht mehr bedarf. Weil sie nun aber beauftragt war, wird sie dann meist doch noch durchgeführt.

Geht es darum, einen Stoffeintrag nachzuweisen oder auszuschließen, kann man auch den Weg der Schadstoffe (sofern sie auf diesem Pflaster ausgetreten und durch dieses hindurch migriert sind) verfolgen. Basalt, Granit oder Schlacke-Formsteine nehmen praktisch keine Flüssigkeiten auf (bis auf die Blasen an der Schlackeoberfläche). Flüssige Schadstoffe und auch eingewaschene Stäube können also nur durch die Fugen eindringen und verteilen sich erst unterhalb des Pflasters. Sie werden im Fugenmaterial möglicherweise ihre "Spuren" hinterlassen, die man durch Mischproben des Fugenmaterials flächenhaft mit großer Aussagegenauigkeit untersuchen kann. Sandsteine, Beton und zum Teil auch Kalksteine können andererseits Schadstoffe wie ein Schwamm aufsaugen, so dass sich eine nähere Betrachtung der Pflastersteine selbst anbietet.

Erdverlegte Tanks und Leitungen liegen meist in einem Bett aus Material, das grobkörniger, vor allem aber gleichkörniger als der umgebende Boden ist und damit wesentlich bessere Wegsamkeiten bietet. Dies sind bevorzugte Stoffausbreitungspfade. Aber wer setzt schon mit gutem Gefühl seine Bohrung so dicht an Tank oder Leitung wie es zur Erkundung wirklich erforderlich wäre? Aus diesem "Bohrschatten" der unterirdischen Bauwerke resultieren viele Unsicherheiten, wenn die Erkundung nur auf Bohrungen gestützt wird.

Oft müssen Kleinbohrungen wegen Bohrhindernissen vor Erreichen der vorgesehenen Tiefe ab-

gebrochen werden. Sie werden an anderer Stelle wiederholt oder auch ganz ausgelassen. Waren also zu viele Bohrungen geplant worden, wenn man dann bei der Umsetzung wegen der Hindernisse auf einige verzichten kann? Ist beim Versetzen die gewonnene Information noch gleichwertig? Ob sich auch dem Gutachter diese Fragen stellen, ist in den Berichten selten dokumentiert.

In der Konsequenz wird damit das gewählte Erkundungsverfahren zum limitierenden Faktor für den möglichen Informationsgewinn. Brauchen wir zur Absicherung einer Entscheidung Bohrmeter oder eine Information über Stoffgehalte im Boden? Ziffer 2 "Probennahme" im Anhang 1 der BBodSchV schreibt keine konkrete Methodik vor, da dies der Vielzahl möglicher Einzelfälle nicht angemessen wäre, und verlangt statt dessen eine Begründung des Vorgehens bei der Probennahme.

Die Rechtfertigung "die Bohrung wurde wegen Bohrhindernis abgebrochen, es konnte daher keine Probe entnommen werden" erfüllt diesen Anspruch wohl kaum. Wenn das Untersuchungskonzept lokale Informationsverluste durch abgebrochene Bohrungen nicht ausdrücklich einplant bzw. ausschließen kann, sollte die gewählte Vorgehensweise besser nochmals überdacht werden.

Und da wir gerade beim Thema Untersuchungsstrategie sind, soll es im nächsten Beitrag auch damit weiter gehen.

Untersuchungsstrategie bei der Verdachtsflächenerkundung

Einführung

Ein häufiger Fall: Verdacht auf Bodenkontamination, der mal eben schnell überprüft werden muss, um eine Entscheidungsgrundlage zu haben. Das Ergebnis der Überprüfung liefert mehr Fragen als Antworten, eine Untersuchung folgt der nächsten und die Erkundung zieht sich endlos hin.

Ursache ist dann oft, dass die Aufgabenstellung nicht klar genug formuliert oder nicht streng genug eingehalten wurde. Untersuchungen mit unbestimmtem oder nicht erreichbarem Ziel ziehen erfahrungsgemäß stets weiteren Untersuchungsbedarf nach sich, da ja noch Fragen offen sind. Sie müssen irgendwann trotz offener Fragen einge-

stellt werden, was dann im Endeffekt stets unbefriedigend, oft auch strittig ist.

Entscheidend ist es daher, das Ziel der Untersuchung (wie das Ziel jeder anderen Baumaßnahme) so zu beschreiben, dass es mit dem vorgesehenen Aufwand erreicht werden kann. Die Aufgabenstellung "Untersuchung eines Altlastverdachts" ist in dieser abstrakten Form nicht zielführend. Anhang 1 der BBodSchV führt im Abschnitt 1 (Untersuchungsumfang und erforderlicher Kenntnisstand) aus:

"Bei der Festlegung des Untersuchungsumfangs sind die Ergebnisse der Erfassung, insbesondere die Kenntnisse oder begründeten Vermutungen über das Vorkommen bestimmter Schadstoffe und deren Verteilung, die gegenwärtige Nutzung und die Nutzung gemäß § 4 Abs. 4 des Bundesbodenschutzgesetzes (Anm.: die planungsrechtlich zulässige) und die sich daraus ergebenden Schutzbedürfnisse sowie die sonstigen beurteilungserheblichen örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen."

Gem. §3 (3) BBodSchV soll beim Vorliegen von Anhaltspunkten (die im Gesetz beispielhaft näher beschrieben werden) eine Verdachtsfläche nach der Erfassung zunächst einer orientierenden Untersuchung unterzogen werden. Es gilt, den Sachstand so weit zu ermitteln, dass darüber entschieden werden kann, ob der Verdacht hinfällig oder doch berechtigt und ernst zu nehmen ist. Sachverhaltsermittlungen bis zum hinreichenden Verdacht bzw. Verdachtsausschluss sind gem. §9 (1) BBodSchG Aufgabe der zuständigen Behörde, können jedoch unabhängig davon auch von einem Grundstückseigentümer im eigenen Interesse vorgenommen werden.

Die internationale Norm ISO 10381-5 (Bodenbeschaffenheit - Probenahme, Teil 5: Anleitung zur Vorgehensweise bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten) beschreibt als Hauptaufgabe der orientierenden Untersuchung die **Überprüfung der Kontaminationshypothesen**.

Eine Kontaminationshypothese ist gem. BfR BoGwS u. a. eine möglichst präzise Beschreibung des konkreten Kontaminationsverdachts (Ursachen, Vorkommen, räumliche Verteilung, Eigenschaften und Ausbreitungsmöglichkeiten von Schadstoffen usw.). Was dies praktisch bedeutet

und welchen Einfluss die Kontaminationshypothese auf die Untersuchungsstrategie und den Erfolg der Untersuchung haben kann, soll im Folgenden an einigen Beispielen erläutert werden.

Umgang mit Kontaminationshypothesen

Beispiel Öltank

Nehmen wir an, der Anhaltspunkt für den Verdacht auf eine schädliche Bodenveränderung sei ein unterirdisch verlegter Öltank. Der Tank als solcher stellt noch kein Problem dar. Es muss zusätzliche Hinweise darauf geben, dass der Tank tatsächlich in Betrieb war und dass entweder beim Befüllen oder durch Leckagen Teilmengen des gelagerten Öls "entkommen" und im Boden versickert sein können. Solche Hinweise sind nicht ungewöhnlich und lassen sich leicht in konkrete Hypothesen umsetzen, z. B.:

1. Beim Befüllen des Tanks wurde durch Unachtsamkeit am Einfüllstutzen Öl vergossen; ggf. lässt sich noch weiter präzisieren, etwa:
 - a. Das ist mit Sicherheit nur einmal vorgekommen, es waren ca. 100 Liter, von denen das Meiste mit Ölbinder aufgefangen wurde. Der ölverunreinigte Boden wurde unmittelbar nach der Havarie ausgehoben und entsorgt.
 - b. Das ist vermutlich mehrfach vorgekommen und es ist mit insgesamt mehr als 500 Litern zu rechnen, die im Boden versickert sind.
2. An den Anschlüssen am Tank traten Leckagen auf, aus denen über eine gewisse Zeit Öl unbeobachtet und unkontrolliert versickerte.

Die Überprüfung dieser Hypothesen bedeutet nun die Durchführung von Maßnahmen, durch die man die Informationen gewinnt, dass die Aussagen "so war es wahrscheinlich" oder "so war es ziemlich sicher nicht" möglich sind. Ein eindeutiger Beweis ist bei der orientierenden Untersuchung definitionsgemäß nicht erforderlich.

Hypothese 1a lässt sich u. U. durch Aktenauswertung oder Zeugenbefragung ohne Untersuchungen überprüfen. Hypothese 1b kann meist mit einer Aufgrabung im Bereich des Einfüllstutzens maximal 2 Spaten tief und einer guten Bodenbeschreibung oder ergänzender Vor-Ort-Untersuchungen (Öltestpapier o. ä.) auch ohne Probenahme und Laboranalytik überprüft werden.

Hypothese 2 lässt sich direkt ebenfalls nur durch eine Aufgrabung bzw. Rückbau des Tanks überprüfen. Erweitert man in diesem Fall üblicherweise die Hypothese um eine Annahme der weiteren Ausbreitung des ausgetretenen Öls, lässt sich das Leck indirekt über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von ölverunreinigtem Boden unterhalb des Tanks nachweisen. Ein anderer indirekter Nachweis kann ggf. über eine Untersuchung der Bodenluft geführt werden.

Wie sicher dieser Nachweis gelingen kann, hängt von der Menge des ausgetretenen Öls und den Wegsamkeiten im Boden ab. Daher sollte in diesem Fall die Hypothese "Öl ist ausgetreten" erweitert werden durch "und hat sich folgendermaßen ausgebreitet ...". Diese Erweiterung der Kontaminationshypothese lässt sich in der Regel ebenfalls recht gut präzisieren, sofern der Untergrundaufbau und die Entfernung zum Grundwasser grob bekannt sind.

Kommt man beispielsweise unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Öls, der möglicherweise ausgetretenen Mengen und der Durchlässigkeit sowie des Speichervermögens des Bodens zu dem Verdacht, dass die Grundwasseroberfläche vom versickernden Öl erreicht wurde, so lässt sich dies (bei nicht zu großem Flurabstand und im Lockergestein) meist mit ein oder zwei Kleinbohrungen bis zum Grundwasser gut überprüfen.

Die Zielstellung der Untersuchung lässt sich auf diesem Wege hinreichend präzisieren: Überprüfen der Hypothese, dass das über Leckagen ausgetretene Öl als Flüssigkeit das Grundwasser erreicht hat. Danach lassen sich Vorgehensweise und Untersuchungsumfang festlegen, um die hinreichend sichere Aussage "so ist es" oder "so ist es nicht" zu erhalten.

Eigentlich ist dieses Vorgehen nichts Neues, und so machen wir es doch schon immer! Ja und nein, denn die meisten der bisherigen Untersuchungskonzepte und Untersuchungsberichte lassen Vieles unausgesprochen. Die bewährte Vorgehensweise "erst planen - dann bauen" gilt auch für die Untersuchung von Verdachtsflächen. In der Praxis wird aber oft nach dem Prinzip verfahren "untersuchen wir mal wie gehabt - und schauen dann, was wir mit den Ergebnissen anfangen".

Die Formulierung einer Kontaminationshypothese trägt zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit

entscheidend bei und sollte daher immer Bestandteil einer Leistungsbeschreibung sein. Oft ergibt sich beim Versuch eine Hypothese detailliert zu formulieren bereits die Einsicht, dass es so eigentlich nicht gewesen sein kann. Auch ergibt sich die Untersuchungsstrategie meist fast automatisch, wenn es nicht nur heißt "untersuchen", sondern "diese Hypothese überprüfen".

Dazu ein weiteres Beispiel:

Anhaltspunkt sei die Nutzung eines Gebäudes zur Wartung von Kraftfahrzeugen, konkret ein möglicher Schadstoffeintrag in den Untergrund unter dem Gebäude im Bereich einer Montagegrube. Je genauer die Nutzung bekannt ist, also ob es nur um Inspektion und Abschmieren ging oder auch Ölwechsel durchgeführt wurden, desto konkreter lässt sich der Verdacht eingrenzen.

Nicht unübliche Vorgehensweise zur Erkundung ist die Errichtung von z. B. zwei Kleinrammbohrungen durch den Betonboden in oder neben der Grube, Entnahme von Boden- und Bodenluftproben mit nachfolgender Analytik. Reicht das aus?

Für eine detaillierte Kontaminationshypothese stellt sich zunächst die Frage nach Art und Menge des Stoffeintrags. Kraftstoffe oder Motorenöl fallen als Spritzer an oder bei grober Unachtsamkeit maximal in den Mengen, die ein Fahrzeug enthält. In diesem Fall hätte man die ausgelaufenen Flüssigkeiten aber wohl nicht in der Grube stehen lassen, sondern sie aufgewischt oder sie wären durch den Ablauf der Grube (sofern vorhanden) abgelaufen. Lacke oder Schmieröl u. ä. werden nicht in der Art eingesetzt, dass sie sich fließend ausbreiten. Lösemittel zur Reinigung verdunsten in kleinen Mengen eher als dass sie einsickern. Die Entsorgung verunreinigter Lösemittel durch Ausgießen in der Grube ist unwahrscheinlich, wenn man dort weiter arbeiten möchte. Wasch- oder Regenwasser kann geringe Stoffmengen lösen oder Öltröpfchen mechanisch mitreißen. Waschmittel erhöhen die Transportkapazität.

Feine Risse im Beton bieten grundsätzlich eine Wegsamkeit für Wasser und nichtwässrige Flüssigkeiten. Treten beide gemeinsam auf, behindern sie sich, was die Wegsamkeit verringert. Kapillarer Flüssigkeitstransport findet in alle Richtungen statt. Diffusion durch Verdunsten leichtflüchtiger Stoffe überführt Teile der eingesickerten Flüssig-

keiten wieder in die Luft. Durch Alterung und "Verharzen" von Ölrückständen werden Risse und Poren im Beton verstopft.

Folgerung: Ein bedeutsamer Stofftransport kann eigentlich nur durch einen Ablauf in der Grube oder durch größere Löcher im Beton erfolgen, sofern diese vorhanden sind. Dauerhafter Einstau von Schadstoffen in der Grube führt zur Sättigung im Beton, was an Betonproben erkennbar sein sollte und dann zu der Hypothese eines Stoffeintrags im Bereich der gesamten Grube führen kann.

Im Normalfall dürfte sich der Verdacht auf den Ablauf der Grube konzentrieren. Mündet dieser in einen Sickerschacht, ist der hinreichende Verdacht auf einen Stoffeintrag in den Boden meist direkt gegeben und die Untersuchungen können sich gleich auf die Quantifizierung in der Detailuntersuchung konzentrieren. Ist der Ablauf über eine Rohrleitung an einen Abscheider angeschlossen, gibt es nur dann den Verdacht auf Stoffeintrag in den Boden, wenn die Verbindung des Ablaufs zur Rohrleitung undicht ist. Aber auch ein Leck kann hier nur zu relativ geringen versickerten Mengen beitragen, wenn der Ablauf nur zeitweise und jeweils kurzzeitig durchströmt wird. Mit größeren Mengen ist nur zu rechnen, wenn es durch die Art der Konstruktion an dieser Stelle zu einem Einstau kommt. In diesem Fall ist über längere Zeiträume mit dem Versickern jeweils eher geringer Flüssigkeitsmengen zu rechnen. Diese werden sich daher über bevorzugte Wegsamkeiten, in jedem Fall aber sehr kleinräumig und vorwiegend senkrecht nach unten ausbreiten.

Nach diesem Szenario ist für eine Montagegrube, sofern sie sich in unversehrtem Zustand befindet, ordnungsgemäß genutzt wird und die Situation in der Vergangenheit nicht ganz anders war, eigentlich nicht davon auszugehen, dass nennenswerte Stoffeinträge in den darunter liegenden Boden stattgefunden haben. Der Betonboden mag verunreinigt sein und wenn es sich bei dem Boden in der Umgebung der Grube um eine Auffüllung handelt, kann dieser aus ganz anderen Gründen verunreinigt sein. Das wäre eine andere Kontaminationshypothese.

Auf jeden Fall erscheint es wenig wahrscheinlich, dass man im beschriebenen Fall mit Bodenproben aus zwei Kleinrammbohrungen viel zur Überprüfung der Hypothese wird beitragen können.

Eine gründliche Bestandsaufnahme mit umfassender Dokumentation ist oft schon eine hinreichende Entscheidungsgrundlage. Daraus lässt sich in der Regel ableiten, dass bei der gegenwärtigen Nutzung keine Gefährdung besteht und dass bei einem späteren Rückbau ggf. im Bereich des Ablaufs (wenn dort Undichtigkeiten aufgetreten sind) eine kleinräumige Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann. Eine bessere Aussage bringen zwei Kleinrammbohrungen auch nicht.

Wenn ich aber gar nichts weiß?

Die BBodSchV führt in Anhang 1, Ziffer 2.1 "Probennahmeplanung für Bodenuntersuchungen - Festlegung der Probennahmestellen und Beprobungstiefen" zu dieser Thematik aus:

"Soll die räumliche Verteilung der Schadstoffe ermittelt werden, ist die zu untersuchende Fläche oder Teilfläche grundsätzlich unter Zuhilfenahme eines Rasters repräsentativ zu beproben. Soweit aus Vorkenntnissen, bei altlastverdächtigen Altstandorten insbesondere nach den Ergebnissen der Erfassung, eine Hypothese über die räumliche Verteilung der Schadstoffe abgeleitet werden kann, ist diese bei der Festlegung der Probennahmestellen und des Rasters zu berücksichtigen."

Daraus könnte man oberflächlich betrachtet die Folgerung abzuleiten versuchen: "Wenn ich gar nichts Genaues weiß, brauche ich auch keine Hypothese". Dies wäre allerdings ein Trugschluss. Gerade in solchen Fällen ist es extrem wichtig, sich vor den Untersuchungen Gedanken zu machen, will man nicht "mit der Stange im Nebel herumstochern".

Wenn ich gar nichts weiß, habe ich auch keinen Anfangsverdacht und komme nicht auf die Idee, etwas zu untersuchen. Eine Ausnahme kann die besondere Situation sein, dass eigentlich keine Kontamination anzunehmen ist, ich dies aber dennoch überprüfen möchte. Die Norm ISO 10381-5 nennt dies die "Hypothese einer wahrscheinlich unkontaminierten Fläche", zu deren Überprüfung besondere Strategien erforderlich sind, wenn mit vertretbarem Aufwand abgesicherte Ergebnisse erzielt werden sollen. Dies ist Thema eines separaten Beitrags.

In allen anderen Fällen einer "wahrscheinlich kontaminierten Fläche" müssen die wahrscheinlichen Stoffe und Prozesse, die möglicherweise zu

einer Kontamination geführt haben, konkretisiert werden. Das kann unter Umständen eine lange Liste werden, die aus einer Reihe von Hypothesen besteht. Oft kann es auch hilfreich sein, damit anzufangen, was es nicht gewesen sein kann.

Beispiel Abstellfläche

Auf einer unbefestigten, nur mit Schotter bedeckten Abstellfläche "kann alles passiert sein". Dort standen LKW, aus denen das Motoröl tropfte (das wird aber nicht viel gewesen sein) oder an denen in alten Zeiten sogar ein "Ölwechsel vor Ort" erfolgte (das sind dann lokal schon bedeutendere Mengen). Beim gelegentlichen Funktionstest sedimentierte die Rußwolke neben dem Auspuffrohr und die in der Ecke der Fläche verbrannten Altreifen brachten ebenfalls einen PAK-Eintrag in die oberste Bodenschicht. Das Wasser vom Wagenwaschen und die normalen Niederschläge haben sie dann ein Stück weit in den Boden eingewaschen.

Glassplitter, Rost, kleinere Metallteile (Nägel, Schrauben, Klammern) usw. sind zwischen den Schotter gefallen und vielleicht auch "Verluste" anderer gelagerter oder umgeladener Stoffe. Aber es gab keine Leitungen, keine Tanks und keine festen Bauwerke (oder es gab sie eben doch).

Die Palette an möglichen Schadstoffen ist breit, und wenn man das Feinkorn zwischen dem Schotter untersucht, werden vielleicht auch hohe Gehalte des einen oder anderen gemessen. Aber diesen Anfangsverdacht hatten wir ja ohnehin und je wahrscheinlicher der ist, desto weniger Aufwand müssen wir darauf verwenden, ihn als "hinreichend" nachzuweisen. Dann können wir uns gleich um die Quantifizierung für eine abschließende Gefährdungsabschätzung kümmern.

Dafür sind wieder die vorstehend beschriebenen Hypothesen wichtig. Ein paar Tropfen Motoröl lassen sich flächendeckend nicht erkunden. Ein einzelner Ölwechsel ebenso wenig. Dafür kann man eine einigermaßen plausible Annahme in die Bewertung einbringen, z. B. < 10 l pro Jahr auf der Fläche - was dann bedeuten kann: kein hinreichender Verdacht auf schädliche Bodenveränderung. Eine Untersuchung wäre dann allenfalls zur Beweissicherung sinnvoll - allerdings dann nach der Hypothese einer "wahrscheinlich nicht verunreinigten Fläche".

Wurden Ölwechsel regelmäßig vorgenommen, dann vermutlich an einer bestimmten Stelle. Das kann vielleicht noch an der Bodenoberfläche erkannt werden, an auffälliger Vegetation oder mit Bodenluft-Untersuchungen.

In den Oberboden eingeschwemmter Ruß (PAK) oder Rost (Schwermetalle) lässt sich mit einigen kleinen Aufgrabungen im Bodenprofil erkennen, oft schon optisch unter der Lupe, ggf. durch Kontrollanalysen unterstützt.

Ein weit größeres Potenzial bietet oft die Fläche selbst bzw. ihr Aufbau. Wurde zum Reliefausgleich und zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens Material von außerhalb der Fläche aufgebracht, führt dies zu einer zusätzlichen Hypothese: Schadstoff haltiges Bodenmaterial wurde flächenhaft aufgebracht. Die Prüfung dieser Hypothese verlangt ganz offensichtlich ein anderes Vorgehen als die Prüfung einer lokalen Altölversickerung. Um welche Stoffe kann es sich handeln, wie ist ihre Verteilung, hat bereits eine Mobilisierung stattgefunden usw..

Ist auch der Schotter an der Oberfläche möglicherweise aufgrund seiner Herkunft nicht frei von Schadstoffen, ist dies eine weitere Kontaminationshypothese, die ebenfalls nichts mit der Nutzung der Fläche zu tun hat. Zur Prüfung dieser Hypothese ist die Untersuchung einer Flächenmischprobe des Schotters zu empfehlen. Eine Rammkernsondierung bis 1 m Tiefe könnte zur Klärung wohl wenig beitragen. Auch ein Schurf kann ggf. wichtige Indizien zum Untergrundaufbau einer solchen Fläche liefern.

All dies - und das Beispiel lässt sich fast beliebig erweitern - gilt es zu bedenken, wenn die Untersuchungen bei vertretbarem Aufwand zu interpretierbaren Ergebnissen und damit zu belastbaren Entscheidungsgrundlagen führen sollen. Und natürlich müssen diese Überlegungen in einem Protokoll oder Bericht dokumentiert werden. Anderenfalls gibt man sich in die Gefahr des späteren Vorwurfs, man habe planlos untersucht.

Informationen in Stichworten

Schriften des DIBt

Im November 2004 wurden vom Grundsatzausschuss für die Beratung des Deutschen Instituts für Bautechnik im Zusammenhang mit Fragen des Gewässer- und Bodenschutzes (GA 3) die

"Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser"

als Entwurf verabschiedet.

Diese Grundsätze gliedern sich in zwei Teile. In Teil I wird das Konzept zur Bewertung von Bauprodukten hinsichtlich der Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung und hinsichtlich einer schädlichen Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers beschrieben. In Teil II wird das Bewertungskonzept an ausgewählten Bauprodukten konkretisiert.

Als Mitglied der Projektgruppe "Boden- und Grundwassergefährdung durch Baustoffe - Analyse, Bewertung", sind für das BMVBW Frau Groß-Rieling sowie Frau Ipawitz und Frau Dr. Pawel (DIBt) und Herr Rohleder (BAST) aktiv.

Es ist vorgesehen die "Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser" als technische Vorschrift nach der europäischen Informationsrichtlinie (RL 98/34/EG) zu notifizieren.

Heike Groß-Rieling

Veröffentlichungen des FBU

Der Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) hat auf seinen Internet-Seiten

<http://www.umweltbundesamt.de/fbu/index.htm>

drei Veröffentlichungen zum Download zur Verfügung gestellt. Darunter ist eine "Vergleichende Bewertung der Verfahren und Methoden des Anhangs 1 der BBodSchV mit aktuellen Fassungen". Der FBU hat die im Gesetz aufgelisteten Normen mit aktuellen Versionen verglichen und empfiehlt in der Regel die Anwendung der neuen Verfahren und Methoden. Diese Publikation ist mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie der LABO abgestimmt und zur Veröffentlichung im Bundesanzeiger vorgesehen.

Neue Normen

DIN ISO 15175, Ausgabe:2005-05

Bodenbeschaffenheit - Ermittlung von Kennwerten des Bodens hinsichtlich des Wirkungspfads Boden - Grundwasser (ISO 15175:2004)

DIN EN ISO 5667-3, Ausgabe:2004-05

Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Anleitung zur Konservierung und Handhabung von Wasserproben (ISO 5667-3:2003); Deutsche Fassung EN ISO 5667-3:2003

Nähere Informationen und Bezug unter

<http://www.beuth.de>

Impressum der Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell 11/2006

Redaktion:

Dipl. - Geol. Dieter Horchler
c/o OFD Hannover - LBA -
Referat LA 21
Waterloostr. 4
30169 Hannover
Tel. 0511/101-2830
Fax 0511/101-16 2830
e-mail: gastdh@OFD-LBA.Niedersachsen.de

Redaktionsbeirat:

Dipl. - Ing. Heike Groß-Rieling, BMVBS
BR'in Michaela Sieber, BMVg
GeoDir Dr. Uwe Marr, BMVg
Dr. Bernhard Fischer, BBR
Dr. - Ing. Wilfried Möller, OFD Hannover

Herausgeber und Layout:

OFD Hannover - LBA - Referat LA 21