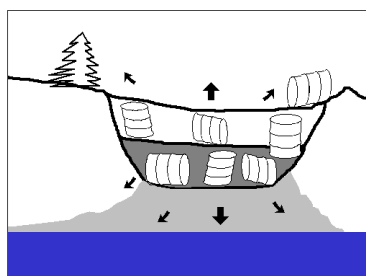


Aktuelle Informationen der OFD Hannover

Leitstelle des Bundes für Boden- und Grundwasserschutz



Juli 2006

#### Qualitätssicherung bei Arbeiten auf Bundesliegenschaften

- Aktueller Erlass des BMVBS
- Anerkennung von Sachverständigen nach §18 BBodSchG

#### Fachtechnische Unterstützung der Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb (g.e.b.b mbH) bei der Verwertung von Liegenschaften der Bundeswehr

Verfahren und Vorgehensweise des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg)

#### Tipps zur Plausibilitäts- und Qualitätskontrolle

- Räumliche Interpolation von Messwerten
- Rechnergestützte Gleichenpläne
- Fallbeispiel: Isolinienplan einer Grundwasserkontamination

#### Informationen in Stichworten

- Neue Normen (DIN EN 14899, DIN ISO 19258, DIN ISO 15709)
- Neue Norm-Entwürfe (E DIN 19682, E DIN ISO 11074, E DIN 19740)

## Vorwort des Redakteurs

In Zeiten von knappen Kassen und "Geiz ist geil" wird diese Maxime gelegentlich auch auf Planungs- und Beratungsleistungen übertragen. Dies ist im Hinblick auf die erforderliche Entscheidungssicherheit jedoch sehr kritisch zu hinterfragen, damit daraus nicht ein "Geiz kommt teuer zu stehen" wird.

In den Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell hat daher die Qualitätssicherung wieder einmal ein Schwergewicht mit Informationen zum diesbezüglichen Erlass des BMVBS, mit Anmerkungen zur Anerkennung von Sachverständigen nach §18 BBodSchG und mit einem umfassenden Beitrag zum weiten Thema "Gleichenpläne". Über die Verfahren und Vorgehensweise des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) bei der fachtechnischen Unterstützung der Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb (g.e.b.b mbH) berichtet Herr Dipl.-Geol. Karsten Heine, der Ansprechpartner der g.e.b.b bei der OFD Hannover. Auch dies hat mit Qualitätssicherung, hier bei der Verwertung von Bundesliegenschaften zu tun.

Haben Sie Fragen, Anregungen, Erfahrungsberichte, Informationsbedarf zum Boden- und Grundwasserschutz? Schreiben Sie uns, damit AH BoGwS aktuell noch lebendiger wird! Wir haben uns vorgenommen, zukünftig etwa alle 4 Monate eine neue Ausgabe zu veröffentlichen, damit wir etwas "berechenbarer" werden.

Dieter Horchler

## Qualitätssicherung bei Arbeiten auf Bundesliegenschaften

### Aktueller Erlass des BMVBS

Mit Erlass B 14 - 85 07 03 - 1.3 vom 20.03.2006 hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) seine Erlasse B II 5 - B 1011 - 26/1-2 vom 07.11.1995 und BS 23 - B 1011 - 12/2-1 vom 05.07.2004 zurückgezogen.

Es trägt damit den Zuständigkeitsregelungen der BBodSchV und den zwischenzeitlich zu verzeichnenden Fortschritten bei der externen Kompetenzbestätigung von Labors und Probenehmern durch Notifizierungsverfahren in einigen Bundesländern Rechnung.

Der Erlass von 1995 forderte eine Anerkennung durch die BAM, die in dieser Form bereits seit einigen Jahren nicht mehr existiert und durch Akkreditierungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 ersetzt wurde. Er bedurfte daher einer Aktualisierung, die im Erlass von 2004 teilweise vorgenommen wurde. Gleichzeitig enthielt der Erlass von 2004 einen Prüfauftrag an die OFDn Hannover, München und Nürnberg, dessen Ergebnisse nun in dem neuen Erlass berücksichtigt wurden.

Der Erlass vom 20.03.2006 stellt fest, dass mit der Einführung und gegenseitigen Anerkennung von Notifizierungsverfahren der Bundesländer auf der Grundlage des §18 BBodSchG ein diesbezüglicher fachlicher Kompetenznachweis für die Untersuchungsstellen auch für Arbeiten auf Bundesliegenschaften gegeben ist.

Wie der Erlass im letzten Absatz klarstellt, bleiben die grundlegenden fachlichen Anforderungen des Bundes, die in Anhang 2.5 der Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz

[www.arbeitshilfen-bogws.de](http://www.arbeitshilfen-bogws.de)

als "Anforderungen an Probennahme, Probenvorbehandlung und chemische Untersuchungsmethoden auf Bundesliegenschaften" wiedergegeben sind, davon unberührt. Sie beinhalten neben den Anforderungen des Anhang 1 der BBodSchV Ergänzungen und Hinweise (vor allem zur Probennahme), deren Beachtung sich für den Bund in der Praxis seit Jahren bewährt hat.

Die Bauverwaltungen sind im Rahmen Ihrer Verantwortung unverändert aufgefordert, sicherzustellen, dass die mit Probennahmen oder Laborarbeiten Beauftragten diese Anforderungen zuverlässig erfüllen. Wenn eine Kompetenzbestätigung im Rahmen eines Notifizierungsverfahrens erworben wurde, muss sichergestellt sein, dass diese Anforderungen dabei berücksichtigt oder ggf. zusätzlich überprüft wurden.

## Anerkennung von Sachverständigen nach § 18 BBodSchG

Im Rahmen der Notifizierungsverfahren der Bundesländer werden nicht nur Untersuchungsstellen, sondern auch Sachverständige nach § 18 BBodSchG anerkannt. Diese sind zusammenfassend in einer gemeinsamen Liste der Industrie- und Handelskammern recherchierbar unter

<http://www.svv.ihk.de/>.

Dabei sind in einigen Bundesländern abweichende Herangehensweisen zu beobachten, die Anlass zur Sorge geben, dass damit die gewünschte bundesweit gleichwertige Kompetenzbestätigung nicht erreicht werden kann. So werden z. B. zur Zeit in Nordrhein-Westfalen nur solche Sachverständige nach § 18 BBodSchG anerkannt, die gleichzeitig öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige sind, also über eine besondere (= überdurchschnittliche) Sachkunde verfügen müssen, während in Bayern in engerer Bindung an den Wortlaut des § 18 BBodSchG "nur" die "erforderliche Sachkunde" verlangt wird.

Die allen Bundesländern gemeinsame Grundlage der Anerkennungen, die Anforderungen der Bundesländer-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), unterscheidet 6 Sachgebiete, weil die Vollzugsaufgaben bei Bodenschutz und Altlasten so komplex und vielgestaltig sind. In fast allen Bundesländern ist es bisher auch die Regel, dass anerkannte Sachverständige ein oder zwei Sachgebiete abdecken und drei Sachgebiete eine Ausnahme darstellen. Allerdings sind vier bis fünf anerkannte Sachgebiete in Sachsen die Regel! Für eine gegenseitige Anerkennung zwischen den Bundesländern ist dies nicht die beste Voraussetzung.

Für den Einsatz auf Bundesliegenschaften gilt wie bisher, dass die auftraggebende Bauverwaltung aufgrund eigener Kompetenz und Erfahrungen die Eignung der Sachverständigen nach abgelieferten Arbeiten und Referenzen beurteilt. Im Zweifelsfall kann die Leitstelle des Bundes für Boden- und Grundwasserschutz unterstützend tätig werden.

## Fachtechnische Unterstützung der Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb (g.e.b.b mbH) bei der Verwertung von Liegenschaften der Bundeswehr (Karsten Heine, OFD Hannover)

### Verfahren und Vorgehensweise des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg)

Die Verwertung von Liegenschaften der Bundeswehr erfolgt grundsätzlich durch die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (bis 2005 durch Bundesvermögensverwaltung). Seit einigen Jahren wird ein Teil dieser Liegenschaften im Auftrag des BMVg durch die Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb (g.e.b.b) mbH verwertet.

Das BMVg veröffentlicht unter

<http://www.bundeswehr.de>,

gegliedert nach Bundesländern, die aktualisierte Liste der freiwerdenden Liegenschaften der Bundeswehr, die auch zum Download zur Verfügung steht. Derzeit befinden sich gemäß Homepage des BMVg circa 70 Liegenschaften im Portfolio der g.e.b.b mbH.

Mit Erlass des BMVg aus 2004 (BMVg WV II 1, Az 68-02-08/00, 64-01-00 vom 07.04.2004) wird das Verfahren geregelt, wie die Bauverwaltungen der Länder die g.e.b.b mbH bei der Konversion unterstützen können.

**Das Ziel des Bundes ist eine zeitnahe Veräußerung der Liegenschaften nach Freizug durch die Bundeswehr an Nachnutzer zum größtmöglichen Ertrag.**

Um dieses Ziel zu erreichen, sind für die Liegenschaft im Rahmen einer Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme wichtige Randbedingungen und Informationen zusammenzutragen. Im Auftrag des BMVg übernehmen die Bauverwaltungen der Länder diese Aufgabe für die wichtigen Bereiche

- Bauliche Anlagen (Gebäude, Infrastruktur, Ver- und Entsorgung, Außenanlagen) und deren Zustand

- Kontaminationsverdächtige Flächen (KVF), schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserverunreinigungen
- Kampfmittelverdächtige Flächen (KMFV, z.B. Bombenblindgängerverdachtspunkte, Schützen- und Splittergräben, Flakstellungen, Sprengplätze)
- Nutzungsmöglichkeiten nach BauGB bei ziviler Nachnutzung

Für die Grundlagenermittlung und Bestandsaufnahme unterstützen die Bauverwaltungen der Länder die g.e.b.b. mbH unter fachlicher Beglei-

tung der OFD Hannover, Landesbauabteilung als Leitstelle des Bundes für Boden- und Grundwasserschutz, wie auch als Leitstelle des Bundes für Kampfmittelräumung.

Der Umfang der notwendigen Unterstützungsleistung bezogen auf die jeweilige Liegenschaft wird von der g.e.b.b. mbH beim BMVg beantragt. Der erforderliche Rahmen für die Bereiche Bausubstanz, Boden/Grundwasser, Kampfmittel wird auf einem Projektblatt definiert. Mit Erlass beauftragt das BMVg, WV III die zuständige Bauverwaltung der Länder. Neben dem Umfang regelt der für die Liegenschaft entsprechende Erlass auch Termine und die Kostenerstattung.

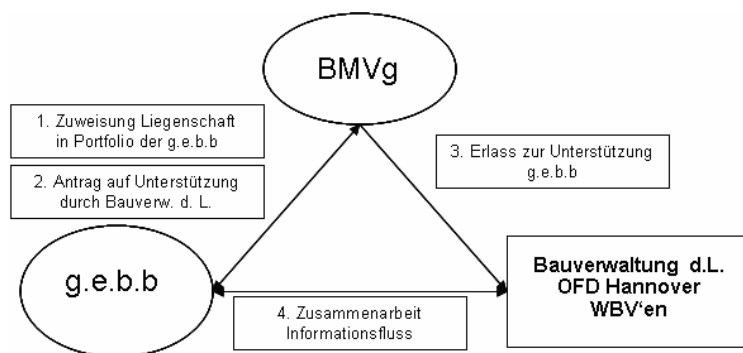


Abb.1: Verfahrensschema bei der Verwertung von Liegenschaften der Bundeswehr

Die baulichen Anlagen auf den Liegenschaften, wie z. B. Unterkünfte und technische Bereiche in Kasernen, wurden speziell für die Belange der Bundeswehr eingerichtet. Eine zivile Nachnutzung ist, insbesondere auch wegen der Größe der Liegenschaften, nur in seltenen Fällen 1 zu 1 möglich. Selbst wenn dies der Fall ist, muss ein Investor den genauen Zustand der Liegenschaft kennen, um verlässliche Planungsdaten und damit Investitionssicherheit zu erhalten.

Hat der Investor diese Investitionssicherheit nicht, so wird er entweder das Risiko minimieren, indem er einen erheblichen Abschlag vom „tatsächlichen Wert der Liegenschaft“ fordert oder das Interesse an der Liegenschaft gänzlich verlieren. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird er sich aber nicht auf den Kauf der „Katze im Sack“ einlassen.

Aus diesem Grund hat der Verkäufer der Liegenschaft, in diesem Fall der Bund, ein ureigenes Interesse sämtliche Informationen mit möglichst hohem Erkenntnisniveau zusammenzutragen, um ungerechtfertigte Abschläge bei der Kaufpreiser-

mittlung und Risiken bei der Vertragsgestaltung zu minimieren.

Nach der Bausubstanzaufnahme wird eine Kostenschätzung für den fiktiven Totalrückbau der gesamten baulichen Anlagen inklusive der Mehraufwendungen für die Entsorgung kontaminierter Baumaterialien erstellt.

Sollten auf der Liegenschaft schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserverunreinigungen und/oder ein Verdacht auf Kampfmittel vorliegen oder im Rahmen der Grundlagenermittlung festgestellt werden, so erfolgt eine detaillierte Kostenschätzungen für die Sanierung der schädlichen Bodenveränderungen/Grundwasserverunreinigungen und der Kampfmittelräumung.

Militärisch genutzte Flächen sind im Flächennutzungsplan in der Regel als Sondergebiet ausgewiesen. Bei ziviler Nachnutzung sind eine Änderung des Flächennutzungsplanes und die Aufstellung eines Bebauungsplanes notwendig. Die g.e.b.b. mbH berücksichtigt die Möglichkeiten hinsichtlich der Nachnutzung des entsprechenden Grundstücks.

Die von den Bauverwaltungen der Länder erstellten Grundlagenermittlungen mitsamt enthaltener Kostenschätzungen für Rückbau und Herichtung der Flächen für mögliche zivile Nachnutzungen sind Grundlage für Kaufpreisverhandlungen mit den Kaufinteressenten. Da die Kostenermittlungen in die Wertermittlung der Liegenschaft eingehen, müssen die geschätzten Kosten nachvollziehbar und fundiert sein, also auch den tatsächlichen Zustand der Flächen berücksichtigen.

Nach den bisherigen Erfahrungen der OFD Hannover hat sich gezeigt, dass mit dieser „offensiven“ Vorgehensweise und der damit verbundenen Verlässlichkeit der ermittelten Datengrundlage, vermehrt Kaufinteressenten für die entsprechenden Liegenschaften gefunden werden. Diese Vorgehensweise wirkt sich auch positiv auf die Kaufpreisverhandlungen und die zeitnahe Veräußerung aus. Gleichzeitig wird der Aufwand für ein Vertragsmanagement nach Verkauf und Regressforderungen der Käufer wegen „verdeckter Mängel“ verringert.

**Tipps zur Plausibilitäts- und Qualitätskontrolle** (Dieter Horchler)

**Räumliche Interpolation von Messwerten**

Für die Gefährdungsabschätzung für Verdachtsflächen werden Informationen über Mengen und Verteilungen von Schadstoffen benötigt. Um aus den Messergebnissen der als Stichproben entnommenen und analysierte Boden- und Grundwasserproben eine räumliche Information zu erhalten, müssen die Eigenschaften (Schadstoffgehalte) zwischen den beprobten Stellen abgeschätzt (interpoliert) werden. In Randbereichen müssen auch über die Probennahmestellen hinaus Werte geschätzt (extrapoliert) werden.

Die einfachste Form einer solchen Abschätzung ist die lineare Interpolation. Sie setzt voraus, dass sich die Eigenschaften von einem Beobachtungspunkt zum nächsten linear ändern. In Abb.1 ist ein Profilschnitt dargestellt, bei dem auf der Ordinate die Messwerte (Gehalte oder Grundwasserstände usw.) aufgetragen sind. Die Steigung erscheint als Gerade bzw. der Gradient (Messwertänderung pro Streckeneinheit) ist konstant.

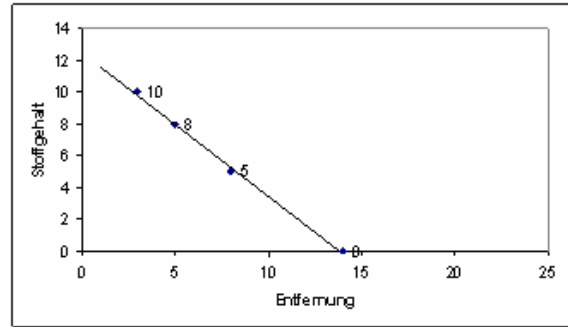


Abb.1: Lineare Interpolation zwischen Stichprobenwerten

Dies ist in der Realität (wenn überhaupt) nur abschnittsweise der Fall. Wird dies nicht berücksichtigt, entstehen Fehleinschätzungen (Abb.2).

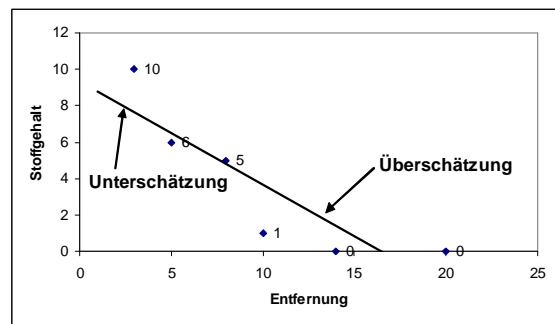


Abb.2: Fehleinschätzungen bei zu grober Vereinfachung durch linearen Trend

Eine in vielen Untersuchungsberichten zu beobachtende Fehleinschätzung entsteht, wenn ein Messwert aus der Umgebung einer Kontamination als Eckpunkt einer linearen Interpolation benutzt wird, obwohl er bereits außerhalb der Kontamination liegt. In einem solchen Fall hängt das scheinbare Volumen der Kontamination (= die Fläche unter der Interpolationslinie) von der Lage des Probenpunktes ab (Abb.3).

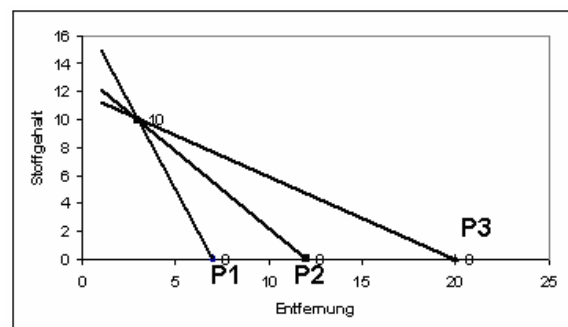


Abb.3: Scheinbare Reichweite der Kontamination abhängig vom Probenahmepunkt Px

Die Auswirkungen für eine flächenhafte Darstellung werden in den folgenden Abbildungen dargestellt. Abb.4 zeigt einen Plan, der durch Triangulation (s. u.) aus 5 Datenpunkten erzeugt wurde. Die Knicke wurden nur wenig geglättet. Bei vollständiger Glättung würden konzentrische Kreise entstehen.

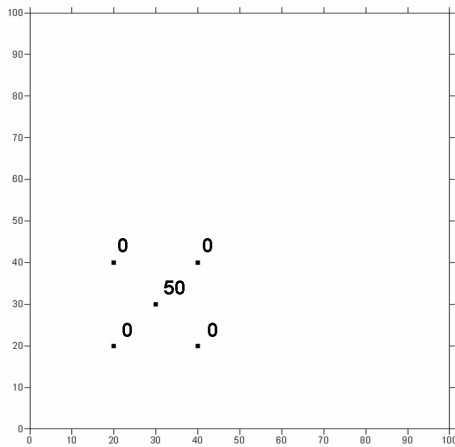


Abb.4a: Datenpunkte

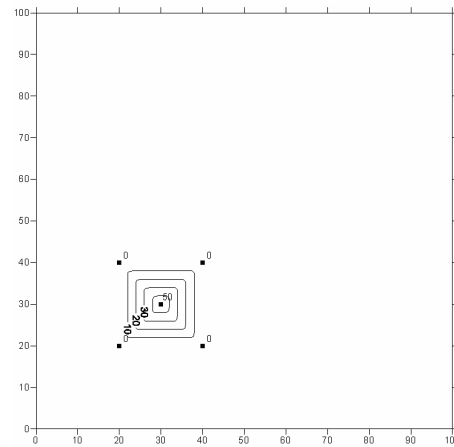


Abb.4b: Isolinien aus Triangulation

Wird der rechte obere Datenpunkt ersetzt durch zwei Punkte in größerer Entfernung vom Kontaminationszentrum, entsteht durch Triangulation ein ganz anderes Muster (Abb.5).

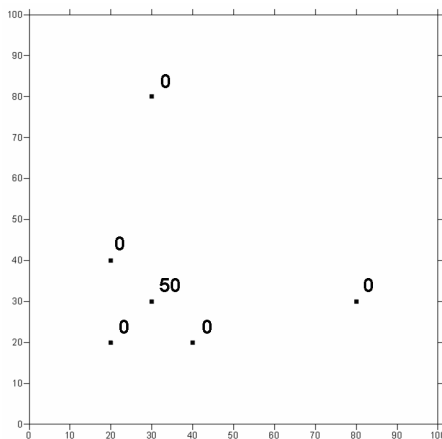


Abb.5a: Datenpunkte

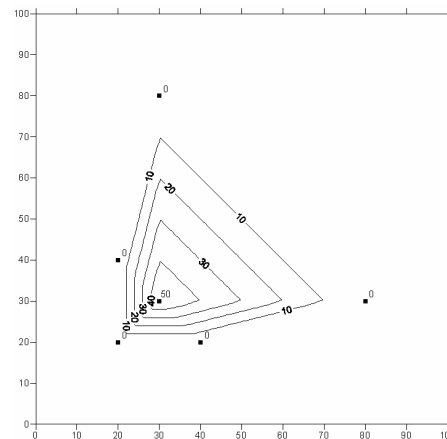


Abb.5b: Isolinien aus Triangulation

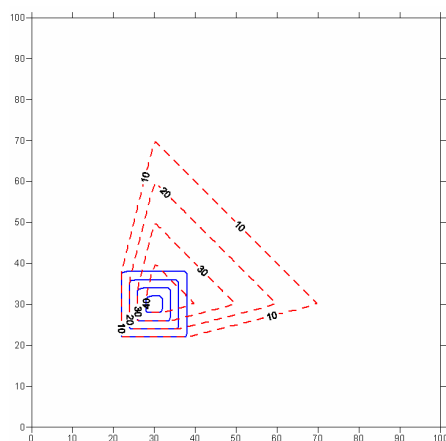


Abb.6: Vergleich Interpolationsergebnisse

Mit den nur wenig veränderten Datenpunkten ergibt sich eine scheinbar deutlich größere Kontamination (Abb.6). Um solche möglicherweise teuren Fehleinschätzungen zu vermeiden, sollten Messwerte in der Größenordnung der Hintergrundwerte oder solche kleiner der Nachweisgrenze bei linearen Interpolationen nicht direkt herangezogen werden. Zuverlässigere Ergebnisse verspricht eine Extrapolation aus dem Randbereich der Kontamination, wo noch ein eindeutiger Konzentrationsgradient zu beobachten ist.

Die Ergebnisse einer Interpolation sind umso zuverlässiger ("richtiger") je genauer die Art und die Mechanismen der Verteilung der gemessenen

Eigenschaften bekannt sind und berücksichtigt werden.

Sollen z. B. **Grundwasserstände** interpoliert werden um daraus die Grundwassermorphologie zu ermitteln, kann man im Normalfall von einem stetigen Gefälle bzw. Trend ausgehen. Geringere Durchlässigkeiten bewirken (bei gleicher Durchflussmenge) einen steileren Gradienten als hohe Durchlässigkeiten. Sprünge treten nur an hydraulischen Hindernissen wie z. B. Dichtwänden auf. Die Oberflächen hydraulisch mit dem Grundwasser verbundener Oberflächengewässer gehen in die Grundwasseroberfläche über. Lokale Tief- oder Hochpunkte werden durch Grundwasserentnahmen oder Infiltration bzw. verstärkte Grundwasserneubildung verursacht. Grundwassergleichpläne, in denen die Gleichen (= Grundwasserisohypsen) mehr oder weniger konzentrische Kreise um einzelne Messstellen bilden, ohne dass dort Wasser entnommen oder infiltriert würde, sind oft Anhaltspunkte für unzureichende Datenaufbereitung.

Sollen die **Konzentrationen von Grundwasserinhaltsstoffen** interpoliert werden, gelten nur teilweise die gleichen Randbedingungen wie für Grundwasserstände. Gelöste Stoffe breiten sich mit der Grundwasserströmung aus und fast nie gleichmäßig in alle Richtungen. Diffusion spielt nur bei extrem langsamer Grundwasserströmung eine quantitative Rolle. Bedingt durch die Strömungsvorgänge sind auch Konzentrationsgradienten von Grundwasserinhaltsstoffen in der Regel stetig mit eindeutigem räumlichem Trend. Dabei ist das Konzentrationsgefälle generell in Strömungsrichtung deutlich flacher als senkrecht dazu. Am steilsten ist es zum Anstrom hin, woraus sich als Grundmuster eine Schar von ineinander geschachtelten Ellipsen ergibt, die an der anstromigen Schmalseite nahezu aufeinander liegen.

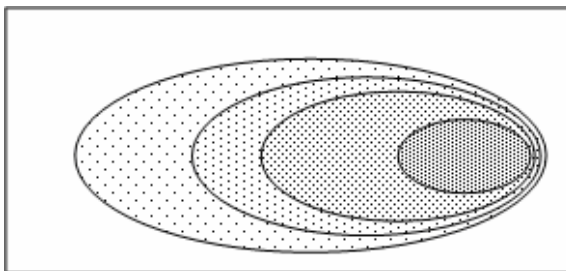


Abb.7: Idealbild von Isokonzentrationslinien bei punktueller Grundwasserkontamination

Dies gilt für den Idealfall eines punktuellen Stoffeintrags in das Grundwasser und eines gleichförmigen konstanten Abstroms. Erfolgt der Stoffeintrag über eine längere Fließstrecke (etwa bei einer durchströmten ausgedehnten Bodenkontamination) so überlagern sich viele dieser Grundmuster. Sind zudem die Strömungsverhältnisse räumlich und zeitlich inhomogen, entstehen entsprechend komplexe Konzentrationsverteilungen wie sie real meist beobachtet werden.

Ein Konzentrations-Verteilungsplan stellt einen Schnitt durch einen dreidimensionalen Grundwasserkörper dar. Ordinate und Abszisse stellen die Flächenkoordinaten dar, die Isolinien als eine Art Relief die Stoffkonzentrationen. Im Normalfall wird diese Schnittebene parallel zur Grundwasseroberfläche gelegt, ohne dass in den Untersuchungsberichten darauf eingegangen wird (oder vielleicht gar daran gedacht würde). Die einzelnen Datenpunkte, d. h., die Messergebnisse der Grundwasserproben gelten für den jeweiligen Einzugsbereich der Proben, die wiederum vom Messtellenausbau sowie von Art und Dauer der Probenahme abhängen. Insbesondere wenn Bilanzierungen vorgenommen oder Ergebnisse von einzelnen Stichtagsmessungen verglichen werden sollen, ist die Homogenität der Daten sorgfältig zu berücksichtigen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Die **Interpolation von Eigenschaften des festen Bodens** ist verglichen mit der beim Grundwasser wesentlich komplizierter. Kontaminationen im Boden können aus flächenhafter Sedimentation (aus der Luft oder durch Überschwemmung), aus lokalem Einsickern von flüssigen Schadstoffen oder aus künstlichen Ablagerungen fester Stoffe (einschließlich Schlämme) hervorgehen. Durch Lösungs- und Ausfällungsprozesse, Verdampfungs- und Kondensationsprozesse sowie durch Auswaschung und durch mechanische Umlagerungen werden sie zusätzlich im Boden verteilt. In Abhängigkeit vom Aufbau des Bodens und der räumlich/zeitlichen Wirksamkeit der Transportprozesse entstehen so komplexe Stoffverteilungsmuster, die sich jedenfalls mit linearer Interpolation kaum zuverlässig nachvollziehen lassen. Konzentrationssprünge zwischen unmittelbar benachbarten Proben sind keine Seltenheit. Hier können geostatistische Methoden eingesetzt werden, die aber nicht unerhebliche Mindestdatennengen erfordern.

Bedeutender als eine Interpolation zwischen einzelnen Messwerten ist bei Kontaminationen im festen Boden meist neben der räumlichen Eingrenzung eine Abschätzung des Grades der Inhomogenität innerhalb der Kontamination, um den Aussagewert einzelner Analysenergebnisse einordnen zu können. Hierzu ist eine fachgerechte Probenahme und eine sorgfältige Dokumentation aller relevanten Beobachtungen bedeutsamer als ein ausgeklügelter Interpolationsalgorithmus. Ob die schmierigen bräunlichen Krümel aus der Bauschutt haltigen Lage, die in die Laborprobe gelangen, die Verwitterungsreste eines Kalksteins sind oder die Überreste eines vollständig verrosteten Nagels oder die unvollständig abgebauten Reste einer Zigarrenkippe, das wird sich auf das Ergebnis der chemischen Analyse entscheidend auswirken. Ohne detaillierte Probenbeschreibung sind Boden-Analysenergebnisse nicht interpretierbar.

Analysenergebnisse von festen Proben sollten daher in der Regel als punktuelle Werte in einem Plan oder Profilschnitt dargestellt werden. Isokonzentrationslinien sind nur akzeptabel, wenn man mit hoher Sicherheit davon ausgehen kann, dass eine zur Kontrolle zwischen zwei Isolinien entnommene Bodenprobe auch tatsächlich einen entsprechenden Analysenwert liefern würde. Bei einer großen Anzahl analysierter Proben können alternativ aggregierte Informationen (z. B. Teilbereiche mit vorwiegend Werten größer als ... u.ä.) dargestellt werden. Flächenmischproben sind als Grundlage für Interpolationen kaum brauchbar, da sie gemittelte Werte liefern, aus denen keine Konzentrationsgradienten abgeleitet werden können.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es für eine Gefährdungsabschätzung entscheidend darauf ankommt, verlässliche Informationen zu beschaffen über das, was sich zwischen den einzelnen untersuchten Stichproben befindet. Hierzu kann eine räumliche Interpolation als wichtiges Instrument zur Beschaffung und Visualisierung der Informationen eingesetzt werden. Dies muss fachgerecht und unter Beachtung aller Randbedingungen, vor allem aber der Grenzen einzelner Interpolationsverfahren erfolgen, um teure Fehlinterpretationen so weit wie möglich zu vermeiden. Plausibilitätskontrollen sollten zum selbstverständlichen Bestandteil von Interpolationen werden. Hierzu im Folgenden einige Grundlagen rechnergestützter Interpolationsverfahren sowie Beispiele verbreiteter Anwendungsfehler und Missinterpretationen.

## Rechnergestützte Gleichenpläne

Die Umsetzung einer linearen Interpolation in der Fläche erfolgt in der Regel über die sog. **Triangulation**. Dazu werden jeweils drei benachbarte Datenpunkte durch Geraden verbunden. Auf diesen werden die linear interpolierten Zwischenwerte zwischen den Datenpunkten abgetragen, ggf. ergänzt durch extrapolierte Werte. Durch Verbinden der Zwischenpunkte mit gleichen Werten entstehen Isolinien (blau in Abb.8), die das Dreieck durchqueren.

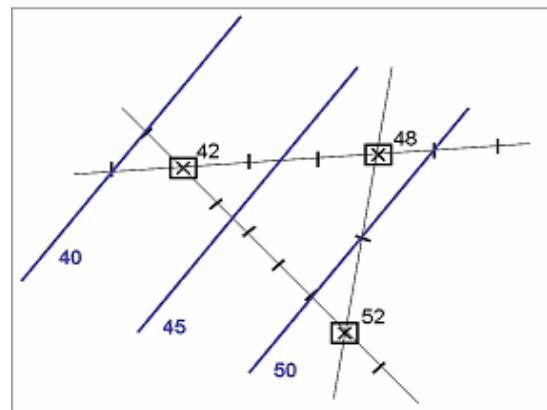


Abb.8: Prinzip der Triangulation

Auf diese Weise lässt sich eine ebene Fläche im Raum eindeutig und unmittelbar anschaulich (mit etwas Übung) darstellen. Bei gekrümmten Flächen entstehen an den Interpolationslinien zwischen den Datenpunkten typischerweise Knicke in den Isolinien, da benachbarte Dreiecke keine identischen Gradienten aufweisen (s. Abb.4b und 5b). Nach Glätten dieser Knicke ergibt sich dann das von topographischen Karten her vertraute Isolinienbild.

Während die Interpolation durch Triangulation noch ganz gut von Hand ausgeführt werden kann und daher schon lange angewendet wird, erfordern andere Interpolationsalgorithmen erheblich größeren Rechenaufwand, der allerdings mit modernen PCs keine praktische Hürde mehr bedeutet. Zwei grundsätzliche Vorgehensweisen sind dabei zu unterscheiden. Zum einen kann aus den Datenpunkten eine **Flächengleichung höheren Grades** berechnet werden. Abb.9 zeigt das Beispiel aus Abb.5 interpoliert mit Hilfe eines quadratischen Polynoms.

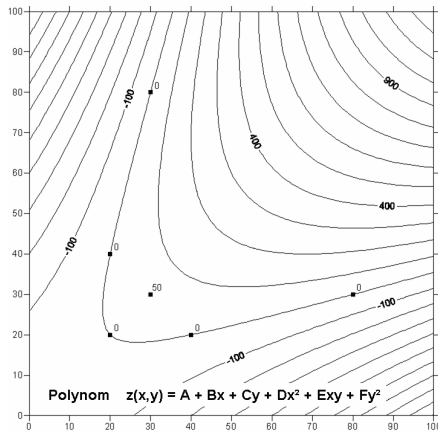


Abb.9: Interpolation mit Flächengleichung

Ein Vergleich mit Abb.5b zeigt außer den Datenpunkten wenige Gemeinsamkeiten der Isolienpläne. Während Abb.5b von einem Zentrum der Kontamination im Bereich des Wertes 50 ausgeht, stellt dieser Wert in Abb.9 den südwestlichen Ausläufer einer großen Kontamination im Nordosten (rechts oben) dar. Eine Entscheidung, welches der beiden Modelle eher zutrifft, muss der Gutachter anhand zusätzlicher Informationen treffen.

Interpolationen durch Polynome bestechen optisch durch ihre elegante Linienführung. Außerhalb der Datenpunkte nehmen sie jedoch in der Regel sehr rasch unrealistische Werte an. Und nicht zuletzt ist es unwahrscheinlich, dass die Transportvorgänge, die zu einer Kontaminationsverteilung führten, durch eine quadratische oder kubische Gleichung wiedergegeben werden können.

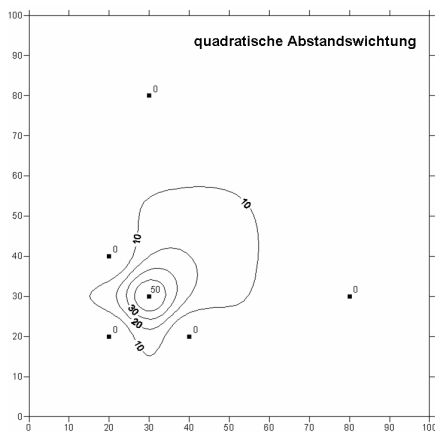


Abb.10: Interpolation durch quadratische Abstandswichtung

Die zweite grundsätzliche Vorgehensweise bei der rechnergestützten Interpolation benutzt ein **Interpolationsgitter** aus Linien in Richtung der Koordinaten. Für jeden Gitterpunkt wird aus den umliegenden Datenpunkten (= Stützpunkten) ein Wert ermittelt. Alle Gitterwerte gemeinsam stellen die räumliche Fläche als engmaschiges Netz dar, auf dem dann der Verlauf der Isolien berechnet wird. Zur Berechnung der Gitterwerte gibt es eine Vielzahl von Ansätzen, die für unterschiedliche Fragestellungen unterschiedlich gut geeignet sind. Alle gehen davon aus, dass benachbarte Punkte ähnliche Werte aufweisen, die umso ähnlicher sind, je näher die Punkte zueinander liegen.

Die **"Nächste-Nachbarn-Methode"** berechnet einen Gitterwert durch Mittelung aus einer vom Bearbeiter vorgegebenen Anzahl benachbarter Datenpunkte. Bei der **"Inversen Abstandswichtung"** werden nahe liegende Datenpunkte bei der Mittelung stärker berücksichtigt (exponentiell) als weiter entfernte. Unterschiedliche Wichtungen können auch für unterschiedliche Richtungen vorgegeben werden. Dies ist z. B. sinnvoll bei Grundwasserkontaminationen, bei denen der Stofftransport im Wesentlichen nur in Strömungsrichtung stattfindet.

Das nach dem südafrikanischen Bergbauingenieur D. G. Krige benannte **Kriging-Verfahren** ist ein geostatistisches Verfahren. Es basiert auf einer durch statistische Auswertungen der vorhandenen Daten ermittelten Variogrammfunktion, mit deren Hilfe die Gitterwerte realitätsnäher geschätzt werden können. Voraussetzung sind allerdings ausreichend viele Daten, um eine verlässliche Variogrammfunktion zu ermitteln.

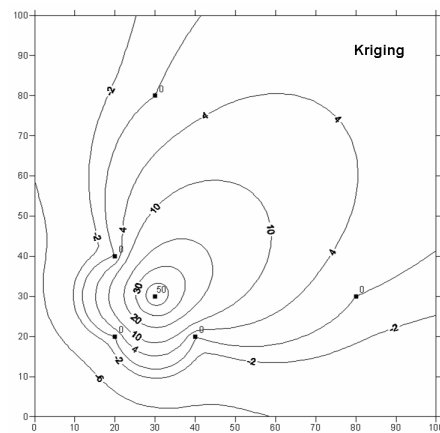


Abb.11: Interpolation durch Kriging

Die Beulen der Isolinien zwischen den Datenpunkten und die geschwungenen Kurven weit außerhalb der Datenpunkte (s. Abb.11) kommen u. a. durch die geringe Datenmenge zustande.

Das Kriging-Verfahren wurde unabhängig für Lagerstätten und für meteorologische Fragestellungen entwickelt. Es berücksichtigt natürliche Ausbreitungsprozesse und kann daher u. U. für die Ausbreitung flüssiger (z. B. Mineralöl) oder leichtflüchtiger Stoffe im Boden angewendet werden. Zur Abschätzung von Stoffverteilungen im Grundwasser müssen die Strömungsvorgänge zusätzlich berücksichtigt werden. Für Grundwasserisoplethkarten ist Kriging normalerweise nicht zu empfehlen.

Interpolationsalgorithmen die die Gitterwerte allein durch gewichtete Mittelung aus den Datenpunkten berechnen, haben den entscheidenden Nachteil, dass sie nicht "über die Daten hinaus denken können". Es ist aus statistischen Überlegungen heraus recht unwahrscheinlich, dass man mit einigen wenigen Stichproben auf einer Verdachtsfläche das Maximum der vorhandenen Kontamination auch erfasst. Der gemessene Maximalwert wird also in der Regel nicht der tatsächliche Maximalwert sein. Bei einer Berechnung der Gitterpunkte durch Mittelung bleiben die höchsten und niedrigsten Datenwerte stets als Extremwerte bestehen, auch wenn sie keine sind.

Als Anhalt lässt sich festhalten, dass Isolinienpläne, in denen eine größere Anzahl (> 10%) der Datenpunkte als Extremwerte auftreten, allenfalls einen Zwischenschritt der Auswertung darstellen. Sie geben die bestehende Situation nicht mit der Genauigkeit wieder, dass man darauf Entscheidungen stützen könnte. Solche Pläne müssen weiter bearbeitet, interpretiert und ergänzt werden.

Kriging-Interpolationen sollten nur mit mindestens 20 Datenpunkten über der Nachweisgrenze vorgenommen werden.

Interpolationen sind bei allen Verfahren umso unsicherer, je geringer die Absicherung durch Datenpunkte ist. Da man dies einem bunten Isolinienplan nicht ohne weiteres ansehen kann, sollten in jedem Fall die diesem Plan zugrunde liegenden Probenahmepunkte mit eingetragen werden. Dann kann auch besser beurteilt werden, ob ein Isolinienplan sinnvoll ist oder zu stark vereinfacht.

Generell gilt: je komplizierter und differenzierter die darzustellende räumliche Fläche ist, desto mehr Datenstützpunkte werden zur Absicherung benötigt. Nur eine ebene Fläche lässt sich (s. o.) mit einem Punktedreieck im Raum eindeutig beschreiben.

Auf Flächen mit hoher Datendichte und gleichzeitig stark schwankenden oder unsicheren Daten kann es sinnvoll sein, einen Isolinienplan nicht als exakte Darstellung aller gemessenen Werte wiederzugeben, sondern als eine Art Trendfläche zur übersichtlichen und plausiblen Darstellung der Gesamtsituation. Wenn dies bewusst als Darstellungsmittel eingesetzt und im Bericht transparent gemacht wird, muss es also kein Fehler sein, wenn u. U. nicht alle Datenpunkte korrekt zwischen den Isolinien liegen.

Moderne Rechnerprogramme bieten eine Vielzahl von Verfahren „auf Mausclick“ zur Auswahl und tragen damit nicht immer zur Verbesserung der Informationslage bei. So kommt es oft genug vor, dass der ohne großen Aufwand erzeugten und optisch ansprechenden grafischen Darstellung der Vorzug gegeben wird. Eine realitätsnähere und damit wahrscheinlichere Variante ließe sich unter Berücksichtigung aller bekannten Informationen nur unter Einsatz des Gehirns aus der Vorarbeit des Rechners erstellen, ein Aufwand, der im Einzelfall gern vermieden wird, wenn der Auftraggeber ihn nicht konsequent einfordert.

### Ein Fallbeispiel

Die folgende Abbildung zeigt einen Gleichplan (Konzentrationsgleiches = Isokonten von Kohlenwasserstoffen im Grundwasser) aus einem realen Gutachten.

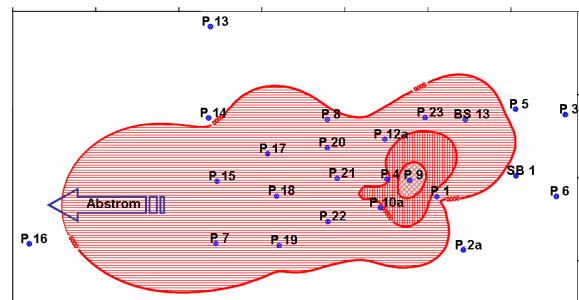
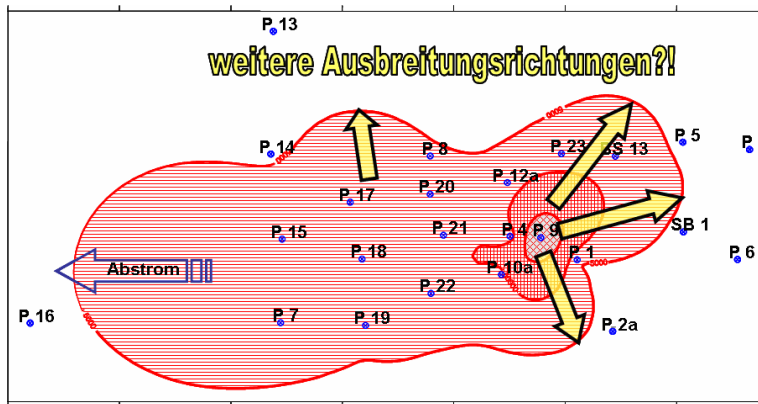


Abb.12: Grundwasserisokonten aus einem Gutachten

Das angewendete Interpolationsverfahren ist dort nicht dokumentiert. Da die Datenpunkte eingetragen und die Messwerte in einer Tabelle dokumen-

tiert sind, kann der Plan zunächst generell auf Plausibilität geprüft werden.



Das dargestellte Verteilungsmuster setzt voraus, dass neben dem Grundwasserabstrom weitere Transportmechanismen existieren, die eine Stoffausbreitung entgegen oder rechtwinklig zum Abstrom bewirken. Hierzu waren allerdings im Beispielgutachten keine Hinweise dokumentiert.

Abb.13: Stoffausbreitung abweichend vom Grundwasserabstrom

Die folgende Abb.14 zeigt eine wahrscheinlichere Stoffverteilung für dieses Beispiel.



Abb.14: Überarbeitung der Vorschläge des Rechnerprogramms

Berücksichtigt man zusätzliche hydrogeologische, geologische, hydraulische, hydrochemische und sonstige Informationen (in dem für die Fragestellung erforderlichen Umfang), so lassen sich im dargestellten Beispiel folgende plausible Korrekturen an dem vom Rechnerprogramm vorgeschlagenen Plan vornehmen. Die Daten bleiben dieselben, aber die Information wird schärfer.

- Die Fahne im Grundwasser zeigt keine Ausbuchtungen, die von der Grundwasserabstromrichtung abweichen. Diese Rundungen sind typische Artefakte aus dem eingesetzten Interpolationsprogramm. Zwischen P9 und P1 wurde ein realistischer Gradient beobachtet, der für den gesamten Abstrom übernommen wird.

- Der Konzentrationsschwerpunkt muss weiter nordöstlich liegen und der Abstrom muss etwas nach Süden (unten im Bild) abweichen, damit die beobachteten Konzentrationswerte vor allem des Messpunktes BS 13 erklärt werden können. Vermutlich schwankt die Abstromrichtung im zeitlichen Verlauf.
- Der konzentrierte Abstrom zwischen P4 und P10a ist nicht durch Fakten belegt und widerspricht dem übrigen Verteilungsmuster.

Das Interpolationsprogramm auf dem Computer ist ein starkes Werkzeug für die, die damit umzugehen wissen. Es übernimmt aber nur die Rechenarbeit, nicht die Denkarbeit!

## Informationen in Stichworten

### Neue Normen

DIN EN 14899 Charakterisierung von Abfällen – Probenahme von Abfällen – Rahmen für die Erstellung und Anwendung eines Probennahmepplans

Die deutsche Fassung der EN 14899:2005 wurde im April 2006 fertig gestellt.

DIN ISO 19258 Bodenbeschaffenheit – Leitfaden zur Bestimmung von Hintergrundwerten (ISO 19258:2005) Ausgabe Mai 2006, bearbeitet vom Arbeitsausschuss „Standortbeurteilung“ des NAW.

DIN 19682 Bodenbeschaffenheit – Felduntersuchungen

In dieser vom Arbeitsausschuss „Standortbeurteilung“ des NAW bearbeiteten Reihe wurden im Juni 2006 Norm-Entwürfe zur Bestimmung der Bodenfarbe (Teil 1), Bestimmung der Bodenart (Teil 2), Bestimmung des Feuchtezustands des Bodens (Teil 5) und Bestimmung des Zersetzungsgrades der Torfe (Teil 12) veröffentlicht.

Vom Arbeitsausschuss „Begriffe“ des NAW wurden bearbeitet:

DIN ISO 15709 Bodenbeschaffenheit – Bodenwasser und die ungesättigte Zone – Begriffe, Symbole und theoretische Grundlagen (ISO 15709:2002) Ausgabe: Juni 2006

E DIN ISO 11074 Bodenbeschaffenheit – Wörterbuch (ISO/FDIS 11074:2005), Ausgabedatum Juni 2006

Für die vom Arbeitskreis "Schießstätten" bearbeiteten Norm-Entwürfe der Reihe

E DIN 19740 Bodenbeschaffenheit – Umweltrelevante Anforderungen an den Bau und Betrieb von zivilen Schießstätten

sind Ende Mai 2006 die Einspruchsfristen abgelaufen. Eine Veröffentlichung der Normen kann voraussichtlich noch in 2006 erfolgen.

Nähere Informationen und Bezug unter

<http://www.myBeuth.de>

---

## Impressum der Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz aktuell 12/2006

---

### 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  
BOR'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

### Vertrieb:

zunächst nur über <http://www.ofd-hannover.de/BGWS/BGWSDocs/Aktuelles/Informationsblatt/>