Methoden

Die Lösung von Nutzungskonflikten aufgrund flächenhafter Bodenkontaminationen mit Hilfe Geografischer Informationssysteme und Mitteln der Geostatistik

Kersten Roselt 1*, Christoph Scheibert 1, Jürgen W. Einax 2 und Jörg Kraft 2

- ¹ JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH, Saalbahnhofstraße 25c, D-07743 Jena
- ² Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Lehrbereich Umweltanalytik, Lessingstraße 8, D-07743 Jena

DOI: http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2003.04.056

Zusammenfassung

Ziel und Absicht. Geografische Informationssysteme (GIS) werden in Verbindung mit geostatistischen Methoden mit Erfolg zur Beseitigung von Nutzungskonflikten und Investitionshemmnissen bei großräumigen Kontaminationen mit heterogenen Datenbeständen eingesetzt.

Methoden. Grundlage bildet zunächst die Kartierung relevanter Rahmenkriterien für die Konfliktlösung wie Nutzungsarten der Flurstücke, Bebauungspläne, Schutzzonen, Überflutungsgebiete u.v.m. sowie deren Georeferenzierung im GIS. Die kritische Auseinandersetzung mit Herkunft und Qualität der Daten und die geostatistische Auswertung mit Semivariogrammanalysen und der Kriging-Schätzung schaffen die Voraussetzung für die Abgrenzung nutzungsbezogener prüfwertüberschreitender Areale nach BBodSchV.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Im Ergebnis kann die Gefahrensituation relativiert werden und es können fundierte Handlungsempfehlungen für eine optimierte Gefahrenbeseitigung gegeben werden. Dies geschieht oft im Rahmen vorgesehener städtebaulicher Maßnahmen.

Ausblick. Weitere Untersuchungs- oder Monitoringarbeiten können auf der Grundlage der Ergebnisse deutlich optimiert werden.

Schlagwörter: Geografisches Informationssystem; GIS; Geostatistik; Investitionshemmnis; Kriging; Nutzungsszenario; Prüfwert; Schadstoff, Boden; Schwellenwert; Semivariogramm

Konfliktsituationen in Bereichen großflächiger Bodenkontaminationen

Flurstücksübergreifende Kontaminationen sowohl in Stadtgebieten als auch in konfliktbehafteten Industrielandschaften (brownfields) mit mehreren Eignern oder Schadensverursachern führen oft zu Hemmnissen bei gewerblichen Investitionen, aber auch zu grundsätzlichen Konflikten bei der mittel- und großräumigen Planung kommunaler städtebaulicher Vorhaben.

Die Einbeziehung von Fragen der Gefahrenabwehr, der Dekontamination oder Immobilisierung, der Nutzungsbeschränkung oder gar der Entlassung aus einem Kontaminationsverdacht in großräumige Planungsvorhaben sind bislang

Abstract

The Solution to Use Conflicts of Large Area Soil Contaminations by Means of Geographical Information Systems and Geostatistical Methods

Goal and Scope. By means of Geographical Information Systems (GIS) and other geostatistical methods, the extensive heterogeneous data materials of large area soil contaminations are re-evaluated to eliminate exploitation conflicts and investment obstacles.

Methods. The mapping of relevant frame criteria generates the basis to solve the conflicts, such as types of exploitation of field areas, development plans, protected areas, flooded areas, etc. as well as their geo-referencing in the Geographical Information System. The critical examination of data age and quality as well as the geostatistical evaluation by means of semivariogram analysis and Kriging technique are essential prerequisites for the determination of areas related to utility and exceeding test values.

Results and Conclusions. As a result, one can modify the hazardous situation and can provide recommendations for an optimal elimination of hazards, mostly in the framework of scheduled measures in terms of town planning.

Outlook. On the basis of the results obtained, further exploitation or monitoring work can clearly be optimized.

Keywords: Geographical Information System; geostatistics; GIS; investment obstacle; Kriging (technique); different kinds of exploitation; test value; contaminant, soil; threshold value; semivariogram

nicht ohne größeren Aufwand lösbar. Für die meisten Gebiete fehlen komplexe Betrachtungen, welche die sich gegenseitig beeinflussenden Bedingungen berücksichtigen. Untersuchungen und Gutachten zu Belastungssituationen beziehen sich zumeist isoliert auf Grundstücke der jeweiligen Auftraggeber, sind untereinander aufgrund verschiedener Zielstellungen, Methoden und Bewertungskriterien schwer vergleichbar, oft veraltet oder aufgrund der Sensibiliät der Ergebnisse auch nicht verfügbar. Insbesondere in Gebieten großer Spannweiten der Nutzungssensibilitäten stoßen Behörden, Kommunen und Planer bei dem Versuch, die Nutzungskonflikte zu lösen, an die Grenzen der herkömmlichen Planungs- und Bewertungsinstrumente.

^{*} Korrespondenzautor (roselt@jena-geos.de)

Bei der Bearbeitung derartiger Projekte zeigt sich oft eine Überlagerung von Kontaminationen, die verschiedenen Emissionsquellen (Fabriken, Ablagerungen, Kanalsysteme usw.) entstammen und auch unterschiedlichen Belastungspfaden zuzuordnen sind. So sind für großflächige Bodenkontaminationen in Stadtgebieten beispielsweise Schwermetallanreicherungen in der obersten Bodenschicht typisch, die über den Luftweg (Staubniederschlag, Schwebstaub) angereichert wurden. In Auebereichen können sie sich mit überflutungsbedingten Schadstoffakkumulationen überlagern. Im Übergang zu ländlichen Bereichen spielt wiederum die Gülle- und Klärschlammproblematik eine Rolle.

2 Prinzipieller Lösungsansatz

Mit diesem Beitrag soll eine Methode vorgestellt werden, die mit einfachen, aber modernen Mitteln bereits vorhandene Daten bewertet, verknüpft und in einem Geografischen Informationssystem (GIS) auswertet.

In einem solchen GIS wurden zunächst alle verfügbaren Flächendaten erfasst, die einen Teilbeitrag zur Lösung der Aufgabenstellung leisten können. Dies sind:

- Katasterdaten als GIS-Grundlage
- Nutzungs- und Planungsdaten
- Flächen besonderer Schutzwürdigkeitsprofile
- Flächen mit der latenten Gefahr der Schadstoffverfrachtung (Erosion, Überflutung ...).

Die Punktdaten zur Belastungssituation der Böden (Analysen mit Koordinaten) wurden in einer Datei mit weitgehenden Filtermöglichkeiten erfasst. Die Repräsentanz wurde nach bestimmenden Kriterien bewertet (siehe Kap. 5.1). Danach gingen die Analysenergebnisse mit oder ohne Einschränkung in die weitere Auswertung ein.

Im Ergebnis einer umfassenden geostatistischen Auswertung und der gewichteten räumlichen Interpolation aller verwendbaren Analysendaten wurden prüf- oder maßnahmewertüberschreitende Areale einzelner relevanter Schadstoffe teufenbezogen (Probennahmeintervalle nach BBbodSchV) abgegrenzt.

Der Verschnitt dieser Areale mit den ebenfalls nutzungsbezogenen Flächendaten im GIS führte zur Herausfilterung der Flurstücke mit prinzipiellem Handlungsbedarf.

Die Interpretation beinhaltete neben der gutachterlichen Plausibilitätsprüfung die Einbeziehung der Planungsdaten der Kommune und weiterer Flächendaten zur komplexen Betrachtung und Ableitung flurstücksbezogener Handlungsempfehlungen.

Perspektivisch können neben Fragen des Gewässerschutzes in einem solchem System auch Aufgaben implementiert werden, die im Rahmen der 'Agenda 21' zu lösen sind. Diese bestehen u.a. in der Entwicklung von Handlungskonzepten zur nachhaltigen Flächennutzung und –bewirtschaftung der Bodenressourcen inkl. des Aufbaus entsprechender Informationssysteme.

Abb. 1 zeigt in einem Schema den prinzipiellen Lösungsansatz.

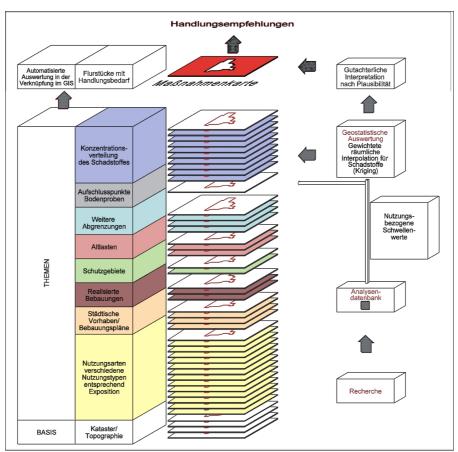


Abb. 1: Aufbau des GIS

3 Flächendaten und Aufbau des GIS

3.1 Katasterdaten und kommunale Planungsdaten

Da durch Bodenkontaminationen hervorgerufene Konflikte neben der Umweltproblematik i.w.S. juristische Konsequenzen für jeweilige Flächeneigner resultieren, wurde die Flurstücksbezogenheit hergestellt. Die Flurstücke innerhalb des amtlichen Koordinatensystems bilden die Grundlage für das GIS.

Hinsichtlich der Nutzung verfügbarer digitaler Flächendaten ist in Deutschland der digitale Anarbeitungsstand derzeit regional bzw. lokal noch sehr unterschiedlich. Digitale Liegenschaftskataster oder ATKIS-generierte Planunterlagen der Kommunen wie auch Bodeninformationssysteme der Bundesländer sind noch nicht durchgängig vorhanden bzw. befinden sich noch im Aufbau. Daher machte sich in einigen Fällen die Digitalisierung von Flurkarten zumindest zur Schließung von Lücken erforderlich.

Für die Lösung der aus flächenhaften Bodenkontaminationen resultierenden Konflikte ist von Interesse, welche Vorhaben die jeweilige Kommune bauplanerisch verfolgt. Ziel ist, perspektivische Bauvorhaben bereits vorab konkret mit Handlungserfordernissen, die aus registrierten Bodenbelastungen abgeleitet werden, abzustimmen. Die Bebauungs- und Flächennutzungspläne wurden in das GIS übernommen. Für erweiterte Aufgabenstellungen wie z.B. Wertermittlungen kontaminierter Grundstücke ist auch von Nutzen, Karten mit Bodenwerten, Bodenrichtwertzonen, Grundstücks- und Geschossflächenzahlen usw. einzubeziehen.

3.2 Nutzungsdaten

Es wurden flurstücksbezogene Nutzungskartierungen des jeweiligen Untersuchungsgebietes durchgeführt. Hierbei wurde weitestgehend der Nutzungsschlüssel der BBodSchV [3] mit dem Ziel einer ökotoxikologischen und bodenschutzrechtlichen Bewertung der Belastung der Flurstücke angewendet.

Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – (Nutz-)Pflanze (– Tier) – Mensch wurde die Kartierung verschieden ökotoxikologisch wirksamer Szenarien durchgeführt. Hier sind beispielsweise die Kleingärten, Zierflächen, Weiden, Baumobstplantagen gesondert zu erfassen, da für sie unterschiedliche Prüf- und Maßnahmewerte zur Anwendung kommen. Kinderspielflächen, Bolzplätze, Reitplätze u.a. sind für direkte orale oder inhalative Aufnahmepfade von Bedeutung. In diesem Zusammenhang wurden auch die versiegelten Flächen (z.B. Flächen des fließenden und ruhenden Verkehrs) abgegrenzt (Abb. 2).

3.3 Schutzgebiete

Trink- und Heilwasserschutzzonen, Naturschutzgebiete, -parks, Flächennaturdenkmale, Bergbauschutz- und Vorbehaltsgebiete, denkmalgeschützte Gebäude u.ä. sowie besonders schützenswerte Biotope wurden im GIS erfasst.

3.4 Altlastenverdachtsflächen

Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen wurden in den Altlasteninformationssystemen der Bundesländer sowie in den

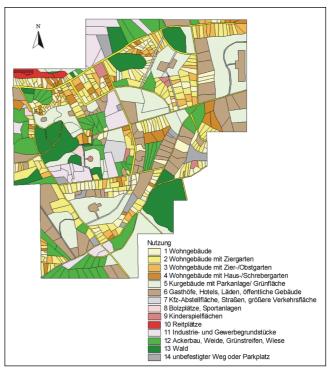


Abb. 2: Ergebnis einer Nutzungskartierung

Bebauungsplänen der Kommune recherchiert. Weitere Informationen wurden bei der jeweiligen Unteren Gefahrenabwehrbehörde eingeholt.

3.5 Weitere relevante Abgrenzungen

Im GIS wurden weiterhin Flächen erfasst, die von Bedeutung für die Wirkpfadbetrachtung sein können. Solche sind z.B. Gebiete verstärkter Bodenerosion, Senkungsgebiete, offene Wasserflächen, Überflutungs- sowie Vernässungsgebiete (hoher Grundwasserstand).

4 Punktdaten: Aufbau der Analysendatenbank

In der Praxis wurden häufig Untersuchungen durchgeführt, die teilweise untereinander wenig koordiniert waren, verschiedenen Zielrichtungen dienten und Unterschiede in der Qualität aufweisen. Die erhobenen Teildatensätze können in der Analysendatenbank zusammengefasst werden. Für detaillierte Untersuchungen ist es aber unabdingbar, mittels frei definierter Kriterien bestimmte Daten aus- bzw. einzublenden. Hierzu müssen die Datensätze der Analysendatenbank sowohl Analysendaten als auch sogenannte Metadaten enthalten. Dies sind Daten bezüglich Inhalt, Qualität, Verfügbarkeit und anderer Charakteristiken. Sie spielen eine funktionale Rolle bei der Unterstützung der Suche nach Teildatensätzen und können ebenso zur Bewertung der Verwendbarkeit für einen bestimmten Zweck dienen. Mit der Erhebung und Bereitstellung von Metadaten neben den eigentlichen Analysendaten erhält der Nutzer die Möglichkeit, den Datenbestand nach den unterschiedlichsten Kriterien zu selektieren und somit die Analysendaten nach verschiedenen Zwecken zu trennen. Zu den Metadaten können neben raumbezogenen Daten, wie z.B. der geographische Bezug (in Koordinaten und/oder Namen und/oder Linienzügen/Flusskilometrierungen), Angaben zur Probennahme, Probennahmekampagnen und nicht zuletzt zur Herkunft der Daten und ihrer Genauigkeit zählen.

Im konkreten Fall wurden als spezielle Metadaten zur Trennung der verschiedenen Datensätze die Beprobungstiefe und die angewendeten Aufschlussverfahren aufgenommen.

5 Geostatistische Auswertung der Punktdaten

5.1 Bewertung der Repräsentanz der Daten

Die Qualität der erhobenen Daten hat einen entscheidenden Einfluss auf die Genauigkeit der mittels statistischer Verfahren oder auf sachlogischer Basis getroffenen Entscheidungen.

Mit Hilfe eines für den Untersuchungsfall eingeführten Ranking-Verfahrens war es möglich, die Kriterien (Tabelle 1) zu bewerten. Im Ergebnis dieses Bewertungsalgorithmus geht ein Teil der Daten ohne Einschränkung und ein weiterer mit Einschränkungen in die Datenbank ein. Ein dritter Teil muss für die weitere Auswertung ausgeschlossen werden.

Tabelle 1: Beispiel einer Bewertung der vorhandenen Daten aus verschiedensten Quellen

Quelle / Untersuchung Nr.	[1]	[2]	[3]	 [18]	[19]
Kriterien					
Lagegenauigkeit 1 geodätisch vermessen bzw. GPS 2 örtlich vermessen / später digitalisiert 3 skizzenhaft 4 keine exakten Angaben 5 unbrauchbar	3	2	5	1	2
Beprobungsraster 1 erfasst Untersuchungsgebiet 2 lokale Untersuchung(en) 3 keine Bodenanalysen 4 außerhalb des Untersuchungsgebietes	1	2	2	2	2
Probennahme / Dokumentation 1 nach DIN 2 für Aufgabenstellung ausreichend 3 teilweise ausreichend 4 nicht ausreichend 5 keine Angaben 6 keine Bodenproben	3	2	5	1	2
Probenintervalle nach BBodSchV 1 ja 2 eingeschränkt 3 nein	2	2	3	1	2
Analytik 1 höchste Qualität (Akkredit., DIN) 2 verwendbar 3 eingeschränkt verwendbar 4 nicht verwendbar	3	2	4	1	1
Gesamtbewertung: Daten gehen in die Datenbank ein 1 ohne Einschränkung 2 mit Einschränkung 3 nicht	2	1	3	1	1

5.2 Datenvorbehandlung

Eine Auswertung von Messergebnissen in der Darstellungsform 'Nachweisgrenze-Werte' ist problematisch. Viele statistische Verfahren setzen eine vollständig besetzte Datenmatrix voraus. Zur Behandlung von Fehlstellen können entweder die Fälle/oder die Variablen, die solche Angaben enthalten, gestrichen werden, oder z.B. durch den Mittelwert aller anderen Fälle dieser Variable ersetzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Substituierung des 'Nachweisgrenze-Wertes' durch einen Repräsentanten, der aus der Nachweisgrenze und einem Faktor zwischen 0 als Minimalannahme und 1 für den größtmöglichen Wert gebildet wird. Im Untersuchungsfall wurde der Faktor auf 0,9 gesetzt.

5.3 Datenauswertung

Eine wichtige Möglichkeit zur Analyse räumlich und/oder zeitlich korrelierter Daten besteht in der Anwendung geostatistischer Methoden. Diese Methoden, ursprünglich zur Exploration von Rohstofflagerstätten genutzt [1,2], werden seit 1980 [3] auch erfolgreich zur Interpretation von Umweltdaten eingesetzt [4]. Die räumliche und/oder zeitliche Abhängigkeit der Einzelwerte einer Variable wird mit Hilfe der Semivarianz bestimmt und als Funktion der Entfernung zwischen den einzelnen Probenwerten im Semivariogramm dargestellt. Dadurch können mittels der Krigingschätzung die Schadstoffgehalte an nicht beprobten Stellen geschätzt werden. Detaillierte Beschreibungen der geostatistischen Methoden sind in [5] gegeben.

In Abb. 3 ist ein experimentelles Semivariogramm dargestellt. Die Semivarianz erreicht nach einem Anstieg in einem bestimmten Abstand a (die sogenannte Reichweite) den Schwellenwert C, der gleichbedeutend mit der statistischen Varianz ist. Um diesen maximalen Schwellenwert schwanken alle weiter entfernten Werte.

Den Semivariogrammwerten wird eine theoretische Semivariogrammfunktion angepasst. Die Anzahl der Wertepaare, die den Semivariogrammwerten zugrunde liegen, nehmen mit wachsendem Abstand der Punkte untereinander stark ab. Aus diesem Grund gehen die ersten Werte mit einem höheren Gewicht in die Anpassung der theoretischen Funktion ein. Bis zur Reichweite a korrelieren die Werte untereinander, darüber hinaus sind sie räumlich unabhängig.

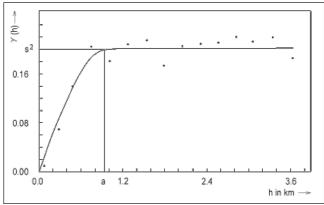


Abb. 3: Semivariogramm

Der häufig bei experimentellen Semivariogrammen anzutreffende Schnittpunkt der Funktion mit der y-Achse bei positiven Werten wird als Nuggeteffekt C_0 bezeichnet. Die Ursachen dafür liegen einerseits in der Summe der Varianzen der Mess-, Analysen- und Probennahmefehler (Mikroinhomogenität) begründet. Andererseits beinhaltet der Nuggeteffekt auch einen quantitativen Anteil der kleinräumigen Variabilität [6], der durch das angewendete Probennahmeraster nicht mehr erfasst werden kann. Durch stetige Verringerung des Probennahmeabstandes kann der durch die Mikroinhomogenität verursachte Anteil des Nuggeteffekts gegen Null gehen.

Für alle Probennahmestellen, die kleiner als die Reichweite a voneinander entfernt liegen, liegt ein räumlicher Zusammenhang vor. Für eine repräsentative Belastungseinschätzung ist eine Probennahmeentfernung kleiner als die Reichweite erforderlich. So können z. B. im Rahmen eines weitergehenden Umweltmonitorings die Probennahmeabstände den Werten, die aus dem Semivariogramm ermittelt wurden, angepasst werden. Damit reduziert sich der Probennahmeaufwand erheblich.

Ein großer Vorteil der Semivariogrammanalyse besteht in der nicht notwendigerweise regelmäßigen Anordnung der Probennahmestellen. Die Semivariogrammanalyse kann auch beim Vorliegen unregelmäßig im Raum verteilter Probennahmestellen angewendet werden. Hierzu werden die nicht äquidistant verteilten Punkte Teilbereichen mit dem Abstandsintervallen l $\pm\Delta l$ und dem Öffnungswinkeln $\psi\pm\Delta\psi$ zugeordnet. Dadurch ist es möglich, nicht beprobbare Flächen, die z. B. durch topographische, Bebauungs- und nicht zuletzt durch Eigentumsverhältnisse nicht zur Verfügung stehen, mit in die Untersuchung einzubeziehen (Abb. 4).

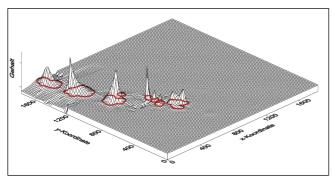


Abb. 4: Ergebnis einer Krigingschätzung. Die rote Linie markiert einen Prüfwert, der im Bereich der 'Berge' überschritten wird

Auf der Grundlage der aus den Semivariogrammanalysen ermittelten theoretischen Funktionen können dann anschließend Schadstoffgehalte an nicht beprobten Stellen geschätzt werden.

Bei der Krigingschätzung, die nach dem südafrikanischen Bergbauingenieur D.G. Krige benannt wurde, wird ein unbekannter Wert durch ein gewichtetes Mittel der bekannten Nachbarwerte geschätzt. Hierbei werden die Gewichte so optimiert, dass der Schätzer im Mittel den wahren Wert schätzt und keinen systematischen Fehler macht. Die Ergebnisse können in Form von Isolinien gut interpretierbar dargestellt werden. Mit Hilfe der Schätzwerte ist es dann möglich, die Höhe und die Ausdehnung einer Belastung zu ermitteln.

6 Verschneidung im GIS und Interpretation

Im Ergebnis der gewichteten räumlichen Interpretation der Krigingschätzung wurden Areale abgegrenzt, innerhalb derer jeweilige nutzungsbezogene Schwellenwerte überschritten werden. Diese wurden nun mit den Nutzungs-/bzw. Expositionsszenarien im GIS verschnitten. Im Ergebnis wurden Flurstücke markiert, für deren Nutzungstyp im Sinne einer Schwellenwertüberschreitung prinzipieller Handlungsbedarf besteht (Abb. 5).

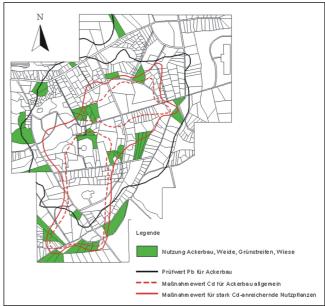


Abb. 5: Beispiel: Verschnitt der Flurstücke mit Nutzungstyp 'Ackerbau...' mit den Prüf- und Maßnahmewerten der BBodSchV

Bei dieser Herangehensweise wurde strikt einzeln nach verschiedenen Probennahmetiefen gemäß BBodSchV [7], nach verschiedenen Wirkpfaden und nach der differenzierten Analytik (Königswasser-, Ammoniumnitrataufschluss oder wässriges Eluat) vorgegangen.

Die Ableitung flurstücksbezogener Handlungsempfehlungen richtete sich nach der Relevanz der nutzungsbezogenen Schwellenwertüberschreitungen und der Flächendaten für das jeweilige Grundstück. Sie wurden einer gutachterlichen Bewertung unterzogen und nach Plausibiliätsprüfung sinnvollerweise in einer Maßnahmekarte (Karte der Handlungsempfehlungen) dargestellt (Abb. 6). Somit konnte insgesamt ein Register von Maßnahmen abgeleitet werden, die der jeweiligen speziellen Situation unter dem Verhältnismäßigkeitsaspekt gerecht werden.

Prüfwertüberschreitende Schadstoffbelastungen waren in den meisten Fällen in der Umgebung von Emissionsquellen sowie den von ihnen ausgehenden Belastungspfaden konzentriert.

Für die Fälle, bei denen die Schwerpunktareale der Bodenkontaminationen in 'brownfields' liegen, ist die Einbindung der Konfliktlösung in städtebauliche oder Entwicklungsvorhaben angezeigt. Die Einbeziehung der Kontaminationsproblematik in diese Vorhaben bedarf einer qualifizierten Planung und behördlichen Kontrolle.

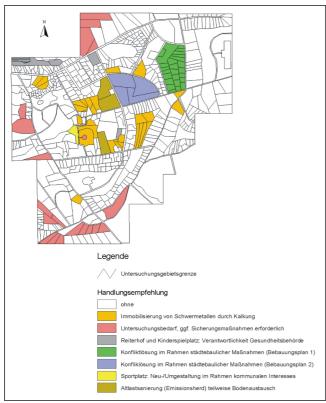


Abb. 6: Beispiel für eine Maßnahmekarte

Nach den bisherigen Erkenntnissen der Autoren sind prüfwertüberschreitenden Belastungen und schädliche Bodenveränderungen in Schutzzonen sowie in den Wohn- und Erholungsbereichen in den meisten Fällen in deutlich geringeren Ausmaßen als in unmittelbarer Nähe von Industrieanlagen und Altlasten zu beobachten. Für belastete Areale, die außerhalb von Planungsgebieten liegen, wurden spezielle Empfehlungen wie beispielsweise Nutzungsbeschränkungen oder Aufkalkungen gegeben. Bei Vorliegen von Daten aus mehreren Untersuchungskampagnen konnten Aussagen getroffen werden, inwieweit z.B. die Schadstoffbelastung in der oberen Bodenschicht (0–20 cm) in der zurückliegenden Zeit abgenommen hat.

Die Einbeziehung der auskartierten Flurstücke mit verstärkten Bodenerosionen, mit Überflutungsereignissen usw. (vgl. 3.5) lieferte Hinweise auf mögliche Schadstoffumlagerungen und somit zu prognostischen Gefährdungssachverhalten.

Die Auswertung führte auch zu Empfehlungen zur Schließung von Informationslücken oder für ein Monitoring. Anhand des optimalen Probennahmeabstands, der mit Hilfe der Semivariogrammanalyse ermittelt wurde, können beabsichtigte Untersuchungen deutlich optimiert werden.

7 Ausblick

Die Digitalisierung und ganzheitliche Betrachtung aller bislang erhobenen Daten und ihre Verknüpfung mit den spezifischen Nutzungsszenarien und den nutzungsbezogenen Schwellenwerten in einem Geografischen Informationssystem bietet die Möglichkeit, der Problematik großflächiger Bodenkontaminationen mit ökotoxikologisch und statistisch gesichertem Kenntnisstand zu begegnen. Die Einbeziehung kommunaler städtebaulicher Vorhaben in die Betrachtung führt zu dem Effekt, Fragen der Gefahrenabwehr nicht über speziell dafür ausgerichtete Sanierungsmaßnahmen lösen zu müssen. Die Dekontaminationen oder Immobilisierungen können auf diese Weise nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit an den Rahmen der vorgesehenen baulichen Maßnahmen der Stadtentwicklung angepasst werden.

Vorgesehene Monitoringprojekte wurden statistisch gesichert aufgestellt bzw. bestehende Überwachungsmaßnahmen optimiert.

Kurzfristig wurde mit derartigen Lösungen die eingeforderte Beseitigung von kontaminationsbedingten Investitionsund Planungshemmnissen erreicht, weil flurstücksübergreifende Abhängigkeiten komplex gelöst werden konnten.

Mittel- und langfristig ist die Erweiterung eines solchen GIS zu umweltrelevanten Aufgaben wie Stadtbodenkartierung, Ver- und Entsiegelung, Entwässerung, vor allem aber im Zusammenhang mit der Verwirklichung der 'Agenda 21' von unschätzbarem Nutzen. In diesem Sinne ist eine weitere Verknüpfung der Lösungen zur Verwirklichung des Bodenschutzes mit den Aufgaben des Gewässerschutzes (Oberflächenund Grundwasser) unabdingbar.

Die Fortschreibung des GIS eröffnet der zuständigen Umweltbehörde und der Kommune die Möglichkeit der gezielten aktiven Einflussnahme.

Letztendlich zeigen bislang derartig durchgeführte Untersuchungen, dass mit relativ einfachen Mitteln in relativ kurzer Zeit begründete Lösungen für die Behandlung flächenhafter Bodenverunreinigungen abgeleitet werden können.

Literatur

- [1 de Wijs HJ (1951): Statistics of ore distribution. I. Frequency distribution of assay values. Tech Hogeschool, Delft, Neth. Geologie et Mijnbouw 13, 365–75
- [2] Krige DG (1951): A Statistical Approach to some Mine Valuations and allied Problems at the Witwaterswand. Thesis, University of Witwaterswand, Witwaterswand
- [3] Fränzle O, Killisch W (1980): Aufschlüsselung des Informationsgehaltes umweltrelevanter, flächenbezogener Strukturdaten. Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern. Ökologie-Forschungsbericht 101 04 035 Berlin. Schriftenreihe: Forschungsbericht Umweltbundesamt 80–111
- [4] Einax J, Soldt U (1995): Geostatistical investigations of polluted soils. Fresensius J Anal Chem 351, 48–53
- [5] Akin H, Siemes H (1988): Praktische Geostatistik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [6] Einax J, Kraft J (2002): Small-scale Variability of Metals in Soil and Composite Sampling. ESPR – Environ Sci & Pollut Res 9 (4) 257–261
- [7] BBodSchV(1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. BGBl. I Nr. 36, vom 16.7.1999, S. 1533–1582

Eingegangen: 27. Januar 2003 Akzeptiert: 16. April 2003 OnlineFirst: 17. April 2003