Nutzung und Sanierung schwermetallbelasteter Böden

Autor(en): **Hepperle, Erwin / Fritsch, Martin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 11

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-79887

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Erwin Hepperle, Martin Fritsch, Zürich

Nutzung und Sanierung schwermetallbelasteter Böden

Die Umsetzung der revidierten Bestimmungen des Umweltschutzgesetzes über den Bodenschutz führt zu Komplikationen. Am konkreten Beispiel zeigt sich der Bedarf nach Instrumenten, die den Untersuchungsaufwand zu reduzieren vermögen. Zugleich scheint es, dass die gesetzliche Regelung der Dimension der Problematik nicht in allen Punkten gerecht wird. Angesichts der Möglichkeit von In-situ-Sanierungen sind hier längerfristig Korrekturen ins Auge zu fassen.

In zahlreichen Gebieten hat die Schwermetallbelastung der Böden ein Ausmass erreicht, das die Behörden zum Handeln zwingt. Erschwerend fällt ins Gewicht, dass die Schadstoffe häufig diffus und breitflächig verteilt sind. Angesichts des gesamtschweizerischen Ausmasses und der lokalen Ausdehnung der Belastungen kann das Problem auch nicht auf seine jeweilige lokale Bedeutung reduziert werden.

Belastete Flächen finden sich besonders häufig in periurbanen Gegenden. Typisch für diese Zonen sind die vielfältigen und sich oft konkurrierenden Nutzungsformen sowie ein hoher Nutzungsdruck. In Belastungsgebieten stehen die künftigen Nutzungsoptionen nun allerdings in einem direkten Bezug zur Belastungssituation. Damit stellt sich die Frage nach der sinnvollen und nachhaltigen Nutzung dieser Flächen. Sie stellt sich auch vom Recht her im gesamträumlichen Zusammenhang.

Eine Leitbildfunktion kommt dabei dem Gebot der Nachhaltigkeit zu. Es ist in der neuen Bundesverfassung mehrfach verankert. Aus systematischer Sicht steht es als Teil der Umschreibung des Staatszweckes (Art. 2) und als einleitender Artikel des Abschnitts über Umwelt und Raumplanung (Art. 73) an richtungsweisender Stelle. Es erfasst damit von Verfassung wegen jeden normativen Umwelt- und Raumbezug. Explizit wird auch die landwirtschaftliche Produktion in die Pflicht genommen (Art. 104).

Neue Anforderungen des Bodenschutzrechts

Aus rechtlicher Optik dominieren bei Schwermetallbelastungen die Bestimmungen über die Belastungen des Bodens (5. Kapitel des Umweltschutzgesetzes [USG]). Auch da, wo es sich um Altlasten handelt, wird für die Beurteilung der Einwirkungen aus Bodenbelastungen auf diese Bestimmungen verwiesen (Art. 12 der Altlasten-Verordnung). Massgeblich ist die am 1.10.1998 in Kraft getretene Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo). Als Ausführungsverordnung zu den neuen umweltschutzrechtlichen Bestimmungen über den Bodenschutz ist sie an die gesetzlichen Vorgaben gebunden.

Die Regelung basiert auf einem dualen Zielsystem, das heisst sie verfolgt zwei unterschiedliche Teilziele (Bild 3). Auf der einen Seite steht der Schutz der Bodenfruchtbarkeit, auf der anderen Seite sollen konkrete Gefährdungen von Menschen, Tieren und Pflanzen vermieden werden. Die Ziele werden voneinander getrennt durch wesensmässig verschiedene Massnahmen angestrebt.

Ob die Bodenfruchtbarkeit langfristig noch gewährleistet ist, beurteilt sich anhand der Richtwerte. Sind sie überschritten, so soll der weitere Anstieg der Belastung verhindert werden. Wenn über die allgemeinen vorsorglichen Massnahmen hinaus Verschärfungen nötig werden, dann erfolgt dies über die Vorschriften in den Bereichen Abwasserversickerungen, Emissionsbegrenzungen, Verwendung von Stoffen und Organismen sowie physikalische Belastungen (Art. 34 Abs. 1 USG, Art. 8 Abs. 2 VBBo).

Beim Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen vor konkreten Gefährdungen geht es nicht mehr um die ökologische Perspektive, sondern um die Gesundheit der einzelnen betroffenen Lebewesen. Die Wahrscheinlichkeit der Aufnahme von Schadstoffen und damit verbunden das gesundheitliche Risiko sind von der jeweiligen Bodennutzung abhängig. Für die Beurteilung hat die VBBo den Prüfwert als jenen Grenzwert eingeführt, der angibt, ob in Bezug auf bestimmte Nutzungsarten[1] mit der Möglichkeit konkreter Gefährdungen zu rechnen ist. Ergeben die weiteren Abklärungen, dass tatsächlich eine Gefährdung vorliegt, so sind die betreffenden Nutzungen einzuschränken (Art. 34 Abs. 2 USG). Im überbauten Gebiet können beispielsweise Schrebergärten, Parkanlagen oder die Einrichtung von Kinderspielplätzen betroffen sein.

Die genannten Massnahmen sehen allesamt keine Eingriffe in den Boden selbst vor. Eigentliche Bodensanierungen sind nur anzuordnen, wenn die über den Prüfwerten liegenden Sanierungswerte überschritten sind und die betroffenen Böden trotzdem gartenbaulich, landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzt werden sollen (Art. 34 Abs. 3 USG). Das Ziel solcher Sanierungen ist es, die ungefährliche Bewirtschaftung mit einer belastungsunempfindlichen (aber immerhin «standortüblichen») Nutzungsart zu ermöglichen[2]. Der Gesetzgeber visiert damit ein Sanierungsziel an, das in etwa einem Schadstoffgehalt entspricht, der zwischen dem Prüf- und dem Sanierungswert liegt. Das schliesst nicht aus, dass - in Beachtung des Verhältnismässigkeitsprinzips - gegebenenfalls eine konkrete Sanierung auch tiefere Werte anstreben kann. Sanierungswertüberschreitungen im Baugebiet (oder in einer anderen Zone mit bodenunabhängiger Nutzung) führen demgegenüber lediglich zum Verbot der jeweils die Gefährdung verursachenden Nutzung[3].

Schwierigkeiten bei der Umsetzung

Das Massnahmenspektrum teilt - der dualen Zielsetzung entsprechend - die Belastungsgebiete in zwei Bereiche: Im oberen Belastungsbereich (Überschreitung der Prüf- bzw. Sanierungswerte), wo es um die Frage nach einer möglichen (oder vorhandenen) konkreten Gefährdung von Menschen und Tieren geht, sind die Aspekte der Nutzung zentral. Im unteren Belastungsbereich (Überschreitung der Richtwerte) steht die Bodenfruchtbarkeit im Sinne einer umfassenden Qualitätsansprache im Zentrum. Massnahmen im unteren Belastungsbereich verhindern ein Ansteigen in den oberen; sie schützen den Boden vor weiterer Belastung und dienen zugleich der Vorsorge im Hinblick auf eine mögliche künftige Gefährdung aus der Bodennutzung[4]. In den verschiedenen Belastungsstufen stehen je unterschiedliche Probleme im Vordergrund:

Überschreitung von Sanierungswerten

Bei Böden mit Sanierungswertüberschreitungen sind die Behörden zum Handeln gezwungen. Sie haben nur einen

minimalen rechtlichen Handlungsspielraum[5]. Daran ändert auch der Umstand nichts, dass es sich bei der Festsetzung von Sanierungswerten aus rein wissenschaftlicher Optik um ein relativ grobes Instrument handelt[6]. Je nach Wirkungspfad sind für die konkrete Gefährdung neben dem Kontaminationsgrad noch zahlreiche weitere Faktoren ausschlaggebend wie zum Beispiel Tongehalt, Art der Tonmineralien, Muttergestein, Gehalt an organischer Substanz, pH-Wert und Niederschlagsverteilung[7]. Sie beeinflussen insbesondere den Schadstoffgehalt angebauter Pflanzen. So ist zum Beispiel die Mobilisierung und damit die Aufnahme der Schwermetalle durch die Pflanzen in neutralen und basischen Böden gegenüber solchen in saurer Umgebung deutlich reduziert. Die Bestimmung eines für alle Arten von Böden einheitlichen Sanierungswerts lässt solche konkreten Bodeneigenschaften ausser acht, ein Umstand, der durch die Festlegung maximaler löslicher Gehalte nur ungenügend aufgefangen wird.

Das Konzept der Prüf- und Sanierungswerte versucht dem Rechnung zu tragen. Sanierungswerte stellen gewissermassen das Worst-Case-Szenario dar. Die Orientierung an Sanierungswerten erlaubt es den Behörden, den Untersuchungsaufwand in Grenzen zu halten. Dies ist mit Blick auf die rechtsgleiche und zugleich praktikable Umsetzung der gesetzgeberischen Ziele wichtig. Bekanntlich kommt man im Vollzug um gewisse Schematisierungen nicht herum - ein Faktum, das auch vom Bundesgericht als zulässig anerkannt wird[8].

Bei Böden mit Sanierungswertüberschreitungen müssen die betroffenen Nutzungen verboten und die belastete Fläche allenfalls saniert werden. Allerdings haben sich die Nutzungsverbote auf das erforderliche Mass zu beschränken[9]. Entscheidet man sich in diesem Sinne für parzellenbezogen kleinflächig differenziert abgestufte Massnahmen, so kann das im bereits überbauten Raum zu einer neuen Unübersichtlichkeit führen. Werden zum Beispiel einzelne kleine Teilflächen zum Zweck des hauseigenen Gemüseanbaus freiwillig saniert, so werden sie dem Nutzungsverbot entzogen. Immerhin dürfte es sich bei Standorten mit so hoher Kontamination in aller Regel um Altlastenstandorte im Sinne des Art. 2 der Altlastenverordnung handeln. Sie sind daher in den Altlastenkataster aufzunehmen (Art. 32c USG). Es bleibt offen, ob die Behörden das Problem der Einhaltung der Nutzungsanordnungen auch in kleinräumig differenzierten Konstellationen über die Zeit hinweg befriedigend zu lösen vermögen.

Das Beispiel Dornach

Die Tragweite der rechtlichen Regelung kann am Beispiel der Gemeinde Dornach illustriert werden. Das Gemeindegebiet ist weiträumig durch Schwermetalle belastet[10]. Als Hauptbelastungsquelle gilt das in Zentrumsnähe liegende Buntmetall-Werk. In Fabriknähe wurden Schwermetallgehalte von Cu, Cd und Zn gemessen, die teilweise über dem Sanierungswert liegen. Aufgrund dieser speziellen Belastungssituation wurde Dornach auch als Untersuchungsstandort für das Integrierte Projekt (IP) Boden des Schwerpunktprogramms Umwelt des Schweizerischen Nationalfonds gewählt[11]. Der Kanton hat seinerseits, im Rahmen seines Vollzugsauftrags, ein Programm für die notwendigen Zusatzuntersuchungen aufgestellt und zusammen mit Vertretern der Betroffenen eine «Plattform» ins Leben gerufen, die ebenfalls mehrere Projekte formuliert hat[12].

Auffallend hoch sind die Belastungen durch Kupfer. Für dieses Metall, teilweise auch für Zink, sind in Fabriknähe Sanierungswertüberschreitungen zu beobachten (Bild 1). Zu einem grossen Teil handelt es sich bei den Belastungen jedoch um Prüf- oder Richtwertüberschreitungen. Obschon in der Industrie- bzw. in der Wohnzone liegend, werden zurzeit noch grössere Flächen landwirtschaftlich genutzt. Zeitweise wurden belastete Flächen auch von Schafen beweidet. Sind die Sanierungswerte überschritten, so ist die Behörde aufgrund des geltenden Rechts gehalten, solche Nutzungen zu verbieten. Als Nutzungsalternative verbleibt - in Übereinstimmung mit dem geltenden Nutzungsplan - die bauliche Nutzung unter einschränkenden Bedingungen[13].

Werden nun aber die betroffenen Grundstücke bestimmungsgemäss überbaut, so stellt sich das Problem der technisch einwandfreien Nachbehandlung oder Ablagerung des anfallenden Aushubs[14]. Anders gesagt: Ein Teil des kontaminierten Erdreichs muss trotz allem gereinigt oder deponiert werden. Die Kosten für die Entsorgung trägt im Falle der baulichen Nutzung normalerweise zunächst die Bauherrschaft, handelt es sich doch aus rechtlicher Sicht um Abfall[15]. Dies ist in der Konsequenz unbefriedigend, denn die vom Bundesgericht angedeutete theoretische Möglichkeit, die ursprünglichen Verursacher auf dem Zivilrechtsweg doch noch zu belangen[16], ist nicht nur umständlich und kostenintensiv, sie erweist sich wegen der anwendbaren Verjährungs- und Verwirkungsfristen vielfach auch als unbehelflich[17]. Die mit Art. 32d USG eingeführte Sonderregelung über die Tragung der Sanierungskosten hat die Palette möglicher Rechtsgrundlagen nun um eine weitere Komponente bereichert. Das gegenseitige Verhältnis von Altlastenrecht, Bodenschutzbestimmungen und Abfallrecht ist zurzeit Gegenstand intensiver juristischer Abklärungen.

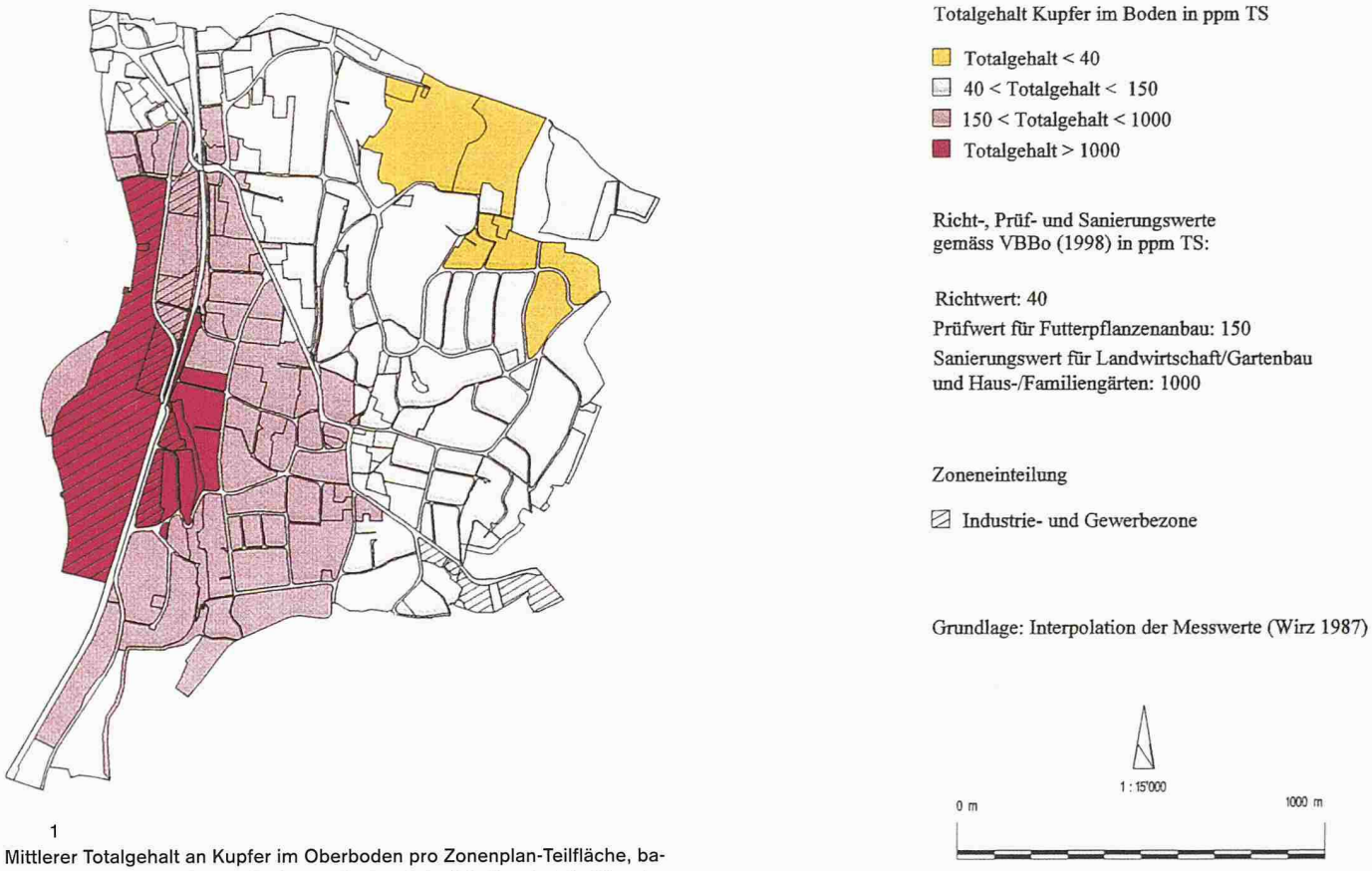
Diese Unsicherheiten blockieren oftmals sinnvolle Lösungen. Die erheblichen Kosten von Sanierungen und die Unannehmlichkeiten, die mit Nutzungsverboten verbunden sind, führen leicht dazu, dass die Kostenfrage die Problemlösung dominiert. Das kann sich für den Bodenschutz negativ auswirken. So wäre es, rein ökonomisch gesehen, zweifellos von Vorteil, schwermetallkontaminierte Böden ganz einfach einer möglichst unsensiblen Landnutzungsart zuzuordnen, zum Beispiel als asphaltierten Parkplatz oder als Standort für eine bodenunabhängige Landwirtschaftsform[18]. Die Frage ist, ob die Raumplanung diese Sichtweise übernehmen soll.

Räumliche Planungen haben sich von den Planungsgrundsätzen des Raumplanungsgesetzes leiten zu lassen. Deshalb können die erwähnten Beispiele nur in speziellen Situationen die richtige Lösung darstellen; als generelle Regel wären sie planerisch unsinnig und hätten mit einem nachhaltig haushälterischen Umgang mit dem Boden nicht mehr viel zu tun. Die Diskussion um die indirekten Kostenfolgen von belastungsbedingten Nutzungsbeschränkungen werden also auch im Zusammenhang mit der Suche nach einer sinnvollen räumlichen Entwicklung unausweichlich.

Überschreitung von Prüfwerten

Werden Prüfwerte überschritten, so sind Gefährdungen lediglich zu vermuten. Die konkrete Beurteilung (und damit verbunden die allfällige Anordnung von Nutzungseinschränkungen) bedarf zusätzlicher Abklärungen. Der Prüfwert hat demnach nicht die Funktion, Schranken zu setzen; er richtet sich an die Behörden (Art. 5 VBBo), die aufgefordert sind, bei einer Überschreitung Detailuntersuchungen anzustellen (Art. 9 Abs. 1 VBBo).

Nutzungsbeschränkungen sind Eingriffe in die Rechte von Grundeigentümern. In Zusammenarbeit mit den Belastungsverursachern und den Bewirtschaftern müssen entsprechend differenzierte Lösungen gesucht werden, die der lokalen Bodenbeschaffenheit entsprechen und es dennoch erlauben, den Nutzungsberechtigten einen möglichst grossen Aktionsradius zu belassen. Im Gegenzug wird den Vollzugsorganen für die konkrete Massnahmenfindung ein entsprechend weiter Ermessensspielraum belassen. Dies erlaubt es, im konkreten Anwendungsfall



1
Mittlerer Totalgehalt an Kupfer im Oberboden pro Zonenplan-Teilfläche, basierend auf der Zuordnung der interpolierten Schadstoffwerte. Die Klassierung erfolgte nach Richt-, Prüf- und Sanierungswert gemäss VBBo. Darstellung: Martin Fritsch, Olaf Tietje, Ute Schnabel, Marlène Zahno, Institut für Kulturtechnik, ETH Zürich

eine parzellenbezogen alle involvierten Interessen berücksichtigende Risikobeurteilung anzustreben. Vor allem in Gegenden mit ländlichen bis peri-urbanen Verhältnissen, wo der Erwerbs-, Hobby- und Selbstversorgungsanbau eine wichtige Rolle spielt, ist dies unentbehrlich. Eine solche Nutzungsstruktur finden wir auch im Raum Dornach vor.

Als Voraussetzung für Nutzungsbeschränkungen ist die konkrete Gefährdung mit ausreichender Evidenz parzellen- oder sogar teilparzellengenau nachzuweisen. Weil die Böden in der Regel inhomogen belastet sind[19], muss im Endeffekt auf den spezifischen Zustand jeder einzelnen Parzelle eingegangen werden. Diese Lokalisierung des konkreten Handlungsbedarfs kann einen erheblichen messtechnischen Aufwand bedeuten.

Im Falle von Dornach können auf rund zwei Fünfteln des überbauten Gebietes Überschreitungen des Prüfwerts für Pflanzenanbau nicht ausgeschlossen werden. Betroffen sind nahezu alle Zonentypen: Industriezone, Gewerbezone, Wohnzone, Kernzone, Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen, Freihaltezone sowie eine Bauernhauszone (Bilder 1 und 2). Der landwirtschaftliche Anbau, die Nutzung als Weideland oder der hauseigene Gemüseanbau müssen hier kritisch hinterfragt werden[20].

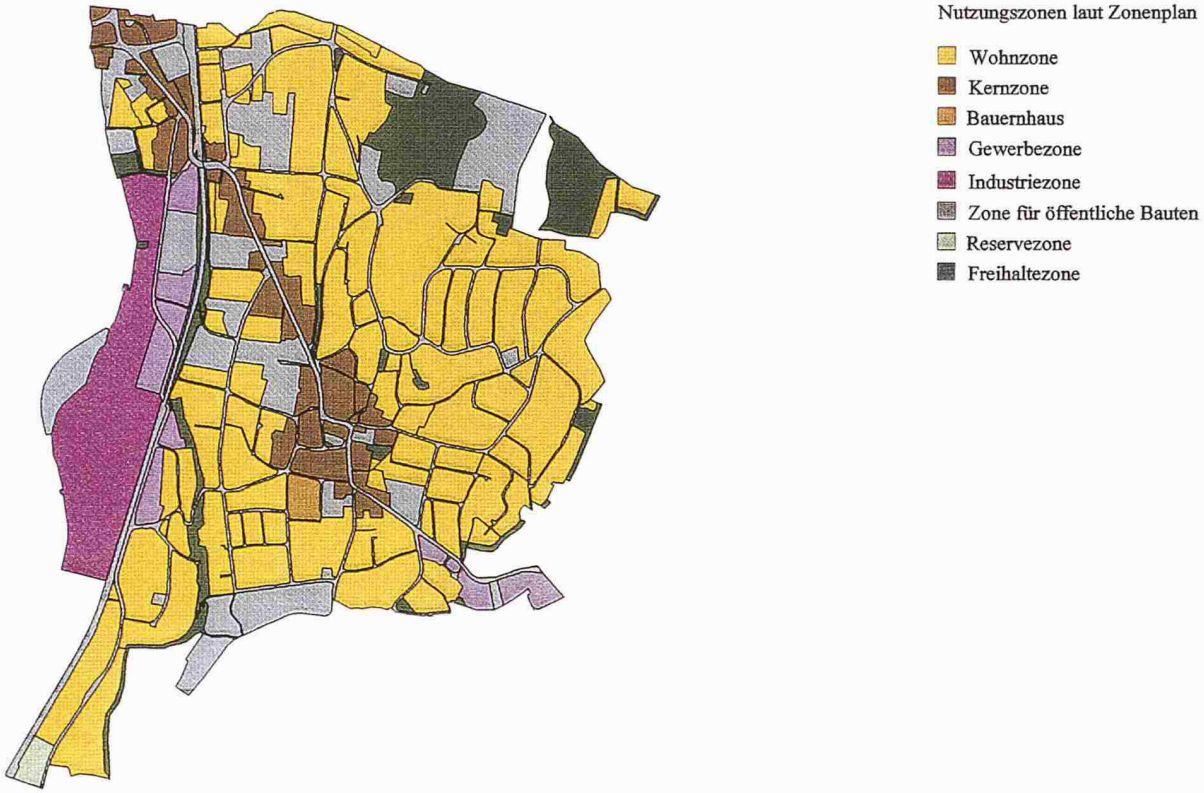
Wie parallele Untersuchungen im Furttal (Kanton Zürich) gezeigt haben, können auch grössere Landwirtschaftsflächen diffus belastet sein. Auch hier stellt sich im Zusammenhang mit der Nutzungsfrage zugleich die Kostenfrage, denn die ökonomischen Folgen von allfälligen Nutzungseinschränkungen sind primär vom betroffenen Eigentümer oder Bewirtschafter zu tragen (Schadenersatzansprüche an die effektiven Verursacher bleiben gegebenenfalls vorbehalten)[21].

Deutlich zeigt sich am Beispiel Dornach, dass bei Prüfwertüberschreitungen die Messergebnisse mit den raumbezogenen Vorgaben der Nutzungsordnung verknüpft werden müssen. In die Form einer räumlich interpolierten Schadstoffverteilung gebracht, dienen sie der Klärung der effektiv noch realisierbaren Nutzungserwartungen. Damit bilden sie eine Planungsgrundlage auf der Ebene der Zonenplanung. Die Nutzungsplanung ihrerseits hat Gewähr dafür zu bieten, dass die ausgewiesene Bodennutzung auch tatsächlich erfolgen kann. Wenn sich herausstellt, dass dies aus gesundheitspolizeilichen Gründen nicht oder nur beschränkt möglich ist, so sind - neben oder anstelle zusätzlicher Nutzungsbeschränkungen - auch allfällige Anpassungen der Pläne zumindest zu prüfen (Art. 21 Abs. 2 RPG).

Überschreitung der Richtwerte

Sind die Richtwerte überschritten, so gilt die wissenschaftlich begründete Vermutung, der Boden sei langfristig nicht mehr fruchtbar im Sinne von Art. 2 VBBo[22]. Die Behörde wird aufgefordert, mit Blick auf allfällige weitergehende Massnahmen genauere Abklärungen zu treffen (Art. 8 VBBo). Die Rechtsfolgen erschöpfen sich jedoch darin, die Quellen weiterer Belastung zu eliminieren, mit dem Ziel, die Situation zu stabilisieren.

In jenen Böden, wo keine allmähliche Abnahme der Schadstoffkonzentration zu erwarten ist, muss trotz Quellenstopp mit einer anhaltenden Überschreitung der Richtwerte und mit entsprechenden Langzeitschäden für die Bodenökologie gerechnet werden[23]. Damit werden Richtwertüberschreitungen langfristig zum gartenbaulichen beziehungsweise landwirtschaftlichen Problem: Entgegen der Zielsetzung in Art. 1 Abs. 1 USG bzw. VBBo wird nicht etwa die Fruchtbarkeit erhalten, sondern lediglich das Ausmass der Störung, was angesichts der gesamtschweize-



2
Für das GIS aufbereiteter Zonenplan von Dornach (nur Bauzone). Die Unterteilung in Teilflächen dient der Adaptation der Schadstoffinterpolation und folgt der Geometrie der Strassen, der Topographie und der Planeinteilung. Darstellung: Martin Fritsch, Olaf Tietje, Ute Schnabel, Marlène Zahno, Institut für Kulturtechnik, ETH Zürich

rischen Problemdimension letztlich nicht zu befriedigen vermag.

Vor dem Hintergrund der herkömmlichen Sanierungsmethoden macht die skizzierte rechtliche Regelung dennoch durchaus Sinn. Es würde dem anzustrebenden Ziel widersprechen, wenn man grössere, durch Schwermetalle lediglich schwach belastete Flächen, mit harten Methoden, wie zum Beispiel einer Ex-situ-Bodenwäsche, sanieren wollte. Der Boden würde in seiner Struktur und ökologischen Funktion zerstört.

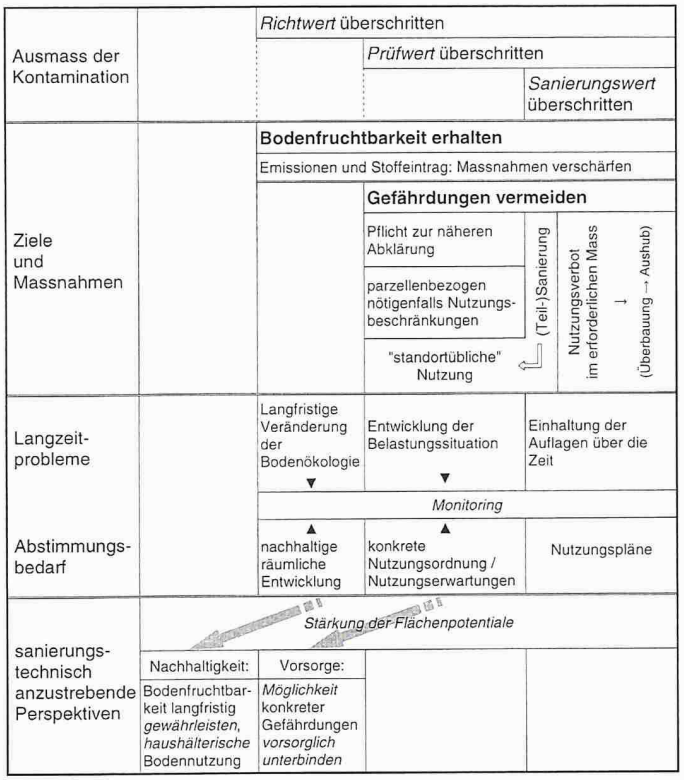
Neue Perspektiven dank Phytoextraktion

Aus ökologischer Sicht könnten hier «sanfte» Methoden, wie etwa die Phytoextraktion, neue Perspektiven eröffnen. Es handelt sich dabei um den Anbau von schwermetallakkumulierenden Pflanzen, wie zum Beispiel Tabak, indischer Senf oder Weiden. Diese Methode ist einerseits in situ anwendbar und belässt andererseits die gewachsene Bodenstruktur. Im Rahmen des Integrierten Projektes Boden des Schwerpunktprogramms Umwelt wurden solche biologische Verfahren weiterentwickelt.

Das Problem bei der Phytoextraktion liegt darin, dass sich wegen der verhältnismässig geringen Extraktionsleistung sehr lange Sanierungszeiten ergeben. Wollte man unterschiedslos Böden aller Belastungsstufen mit solchen Methoden angehen, so würden sich Sanierungszeiten ergeben, die je nach Belastungshöhe, Schwermetallart, Mobilisierung oder Pflanzenverfügbarkeit der Metalle, Biomassenproduktion, Tiefenverteilung der Schadstoffe sowie der individuellen Extraktionsleistung der Pflanzen zwischen einigen wenigen bis zu Hunderten von Jahren schwanken. Eine exakte Zeitangabe aus dem Zusammenspiel der oben erwähnten Faktoren ist kaum möglich.

Das Ziel des IP Bodens ist es, die Extraktionsleistung von speziell geeigneten Pflanzen in Kombination mit einer kontrollierten Mobilisierung markant zu verbessern. Der Ansatz besteht darin, durch gezielte Pflanzenzüchtungen in Verbindung mit einer Optimierung des landwirtschaftlichen Anbaus und der Erhöhung der Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle durch das kontrollierte Ausbringen von Komplexbildnern eine optimale Kombination zu erreichen. Aufgrund der in der Regel tieferen Belastungswerte kann insbesondere für Cd, das auch eine grössere Toxizität aufweist, ein realistischer Anwendungsbereich erwartet werden[24]. Neben dem Nachteil der langen Sanierungszeiten haben sanfte Sanierungsmethoden gegenüber den üblichen «harten» Bodenreinigungsmethoden, wie etwa Bodenaustausch oder -Bodenwäsche, substantielle Vorteile. Insbesondere lassen sich die direkten Sanierungskosten erheblich reduzieren und die Bodenstruktur bleibt erhalten. Für die notwendige gesicherte Entsorgung und teilweise Weiterverwertung des abgeernteten, schwermetallangereicherten Pflanzenmaterials sind verschiedene Wege gangbar[25].

Als Folge des einschränkenden Faktors Zeit haben Phytosanierungen realistischerweise ihr eigentliches Anwendungsfeld da, wo bereits geringe Extraktionsleistungen die Belastungssituation zu entspannen vermögen. Dies ist insbesondere bei solchen Böden der Fall, wo der Prüfwert nur wenig überschritten ist. Es könnte durchaus attraktiv sein, anstelle aufwendiger Detailuntersuchungen solche Flächen in situ zu sanieren. Als Nebeneffekt würde sich auch die Intensität des notwendigen langzeitlichen Monitorings der Flächen reduzieren (Bild 3). Insgesamt wäre damit für die Erhöhung der Multifunktionalität der betroffenen Flächen einiges gewonnen. In diesem Sinne könnte



3
Geltendes Recht und Ansatzpunkte für die Rechtsentwicklung unter der Voraussetzung praxistauglicher In-situ-Sanierungsmethoden. Darstellung: Erwin Hepperle, Departement GESS, Institut für Kulturtechnik, ETH Zürich

die Phytoextraktion bereits auf der Basis des geltenden Rechts im Rahmen eines gemeinsamen Übereinkommens von Behörden und Privaten eine Alternativmassnahme darstellen (für einseitige behördliche Verfügungen bietet das geltende Recht keine Handhabe). Sinnvoll ist dies allerdings nur, wenn sich die Belastung damit zweifelsfrei unter den Prüfwert drücken lässt und weitere Komplikationen vermieden werden können.

Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit ist auch der Einsatz auf Flächen im Bereich von Richtwertüberschreitungen ins Auge zu fassen, da hier der Kontaminationsgrad an sich schon verhältnismässig tief ist. Im Sinne einer eigentlichen Bodenverbesserung eröffnet hier die In-situ-Sanierung Perspektiven, wie das umweltpolitische Ziel der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit künftig besser angegangen werden könnte. Mit Blick auf die Ressourcenerhaltung und die Öffnung neuer räumlicher Handlungsspielräume erscheint es jedenfalls wenig plausibel, schwach kontaminierte Böden, die ohne Störung der Bodenstruktur leicht einer Gesundung zugeführt werden könnten, nicht zu behandeln. In Anbetracht des neu in die Bundesverfassung aufgenommenen Nachhaltigkeitsartikels besteht in diesem Bereich rechtlich ein brachliegender Aufgabenhorizont.

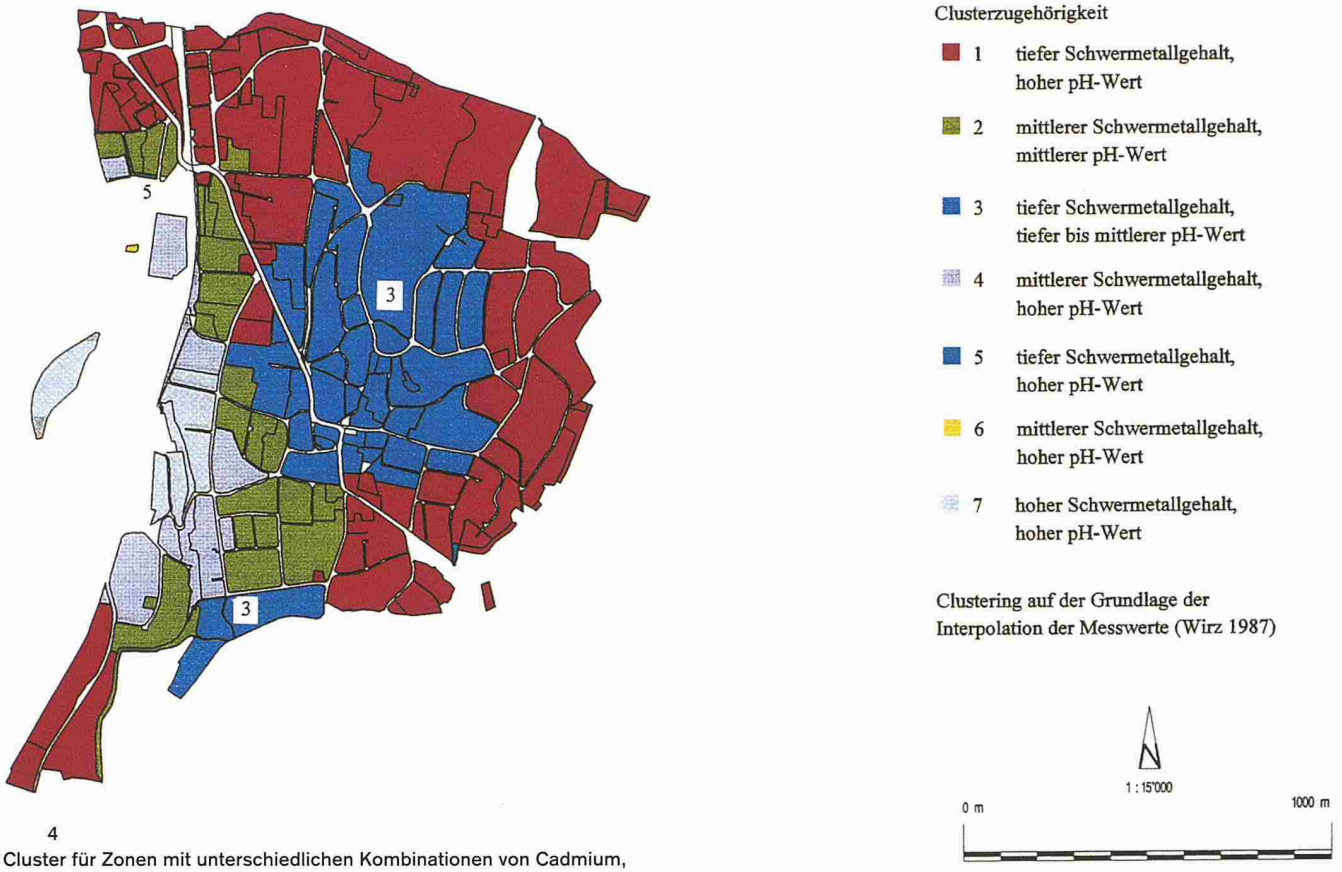
Angesichts dieses auf eher schwach kontaminierte Bereiche reduzierten Anwendungshorizontes muss man sich fragen, auf welchem Wege Phytosanierungen als Massnahmen überhaupt eingeführt werden könnten. Mit der Begründung der Massnahmen ist auch die Frage verbunden, durch wen die notwendigen Geldmittel aufzubringen sind.

Die Motivation kann jedenfalls nicht polizeirechtlicher Natur sein, hierfür fehlt es am akuten Handlungsbedarf. In Bereichen um den Prüfwert herum könnte man sich statt dessen am Vorsorgegedanken (Art. 1 Abs. 2 USG) orientieren, im Sinne einer Präventivmassnahme, welche frühzeitig die Möglichkeit einer Gefährdung unterbindet. Allerdings dürfte der Weg kaum über die Einführung einer generellen Sanierungspflicht führen, könnten doch solche Massnahmen selektiv nur für schwach kontaminierte Böden angeordnet werden, während stärker kontaminierte unter Umständen unbehelligt davonkämen - eine unter Rechtsgleichheits- und Verhältnismässigkeitsaspekten fragwürdige Situation.

Bei blossen Richtwertüberschreitungen ist demgegenüber die Rechtfertigung in der dauerhaften Verbesserung der Bodenökologie zu suchen. Es geht um die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht und damit - im Sinne der Nachhaltigkeit - um Fragen der Generationensolidarität. Der Problemkern erhält dadurch eine starke landwirtschaftliche Komponente. Es drängt sich für diesen Anwendungsbereich eine Integration in die Instrumente des Landwirtschaftsrechts auf. Dieses Vorgehen findet in der Ausscheidung von Ausgleichsflächen im Rahmen des ökologischen Leistungsausweises eine gewisse Analogie. Entsprechend müssten auch hier Anreizzahlungen in Betracht gezogen werden. Dies ist allerdings nur sinnvoll, wenn gleichzeitig auf der Nutzungsseite sichergestellt wird, dass die sanierte Fläche auch künftig als produktiver Boden genutzt werden kann.

Identifikation belasteter Flächen, Abgrenzung als räumliche Einheit

Die geschilderte rechtliche Ausgangslage knüpft an die räumliche Schadstoffverteilung an. Damit sind technische Erfassungsprobleme verbunden. Die Schadstoffverteilung muss zunächst aus einer in der Regel beschränkten Anzahl von Punktmessungen interpoliert werden.



4
Cluster für Zonen mit unterschiedlichen Kombinationen von Cadmium, Kupfer- und Zinkbelastungen sowie pH-Werten. Die pH-Werte decken über alles einen Bereich ab, der zwischen pH 6,7 und 7,9 liegt. Darstellung: Martin Fritsch, Olaf Tietje, Ute Schnabel, Institut für Kulturtechnik, ETH Zürich

Diese Interpolation kann nicht beliebig realisiert werden, sondern hängt unter anderem von der Dichte der Ausgangsdaten und der Art der Belastungsquelle ab. Geostatistische Verfahren erlauben entweder eine Schätzung der Schwermetallbelastung an einem beliebigen Punkt (einfaches Punkt-Kriging) oder eine Schätzung der Übertretungwahrscheinlichkeit eines bestimmten Grenzwertes (disjunctive Kriging) vorzunehmen. Jede dieser Schätzungen ist mit Unsicherheiten behaftet. Je nach Datenlage (Dichte des Messnetzes, gewählte oder optimale räumliche Auflösung der Interpolation) gilt es, diese Fehler zu quantifizieren und in Beziehung zur gemessenen Belastung zu setzen.

Diese mit den angesprochenen Unsicherheiten geschätzte (beziehungsweise interpolierte) räumliche Schadstoffverteilung soll nun mit der dazugehörenden Nutzungsstruktur und Nutzungsgeometrie verknüpft werden. Der diffus kontinuierliche Verlauf einer Bodenbelastung und ihre räumliche Variabilität stehen dabei dem rechtlich geforderten parzellenscharfen Vorgehen gegenüber, sowohl auf kleiner Skala (zum Bespiel innerhalb einer Parzelle) als auch weiträumig auf eine ganze Region bezogen. Das Problem stellt sich insbesondere dort, wo es zwischen zwei Belastungsstufen eine Trennlinie zu ziehen gilt, das heisst dort, wo der jeweilige Grenzwert über- oder unterschritten wird. Das bedeutet, dass die Schätzverfahren den Behörden nur dazu dienen können, Problemzonen näher zu umschreiben, während eine parzellenscharfe Abgrenzung rechtlich nur aufgrund zusätzlicher Untersuchungen Bestand hat. Die Unsicherheiten der Interpolation geben einen Hinweis darauf, mit welchem zusätzlichen Untersuchungsaufwand zu rechnen ist.

Anwendung auf die Belastungssituation in Dornach

Gestützt auf die Messungen von Wirz[26] wurde eine flächendeckende Schwermetallinterpolation mit Hilfe eines lognormalen Punkt-Kriging erstellt (Bild 1). Die Interpolationskarten zeigen in unmittelbarer Fabriknähe eine weitgehende Überschreitung der Sanierungswerte für Kupfer. Der Ortskern von Dornach dagegen ist Belastungen ausgesetzt, deren Schätzung zwischen dem Prüf- und dem Sanierungswert liegt. Im restlichen Gemeindegebiet sind fast überall die Richtwerte überschritten. Diese Schadstoffverteilung erscheint plausibel. Sie entspricht auch den vom Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn ausgeschiedenen Belastungsgebieten[27].

Statistische Untersuchungen ergaben, dass die Unschärfe der Zuteilung mit zunehmender Maschenweite des Interpolationsrasters zunimmt. Als beste Zuteilung erwies sich eine Maschenweite zwischen 100 und 50 m. Die Streuung zeigt, dass das Verfahren durchaus Aufschluss über die wahrscheinliche Zugehörigkeit einer Fläche zu einer Belastungszone geben kann (Überschreitung des Richt-, Prüf- oder Sanierungswerts), dass aber Massnahmen erst aufgrund von Kontrollmessungen ergriffen werden dürfen.

Mit Blick auf den allfälligen Einsatz von sanften Bodensanierungen wäre es sinnvoll, im Prüfwertbereich jene Gebiete auszumachen, die sich am ehesten dafür anbieten. Es sind also räumliche Differenzierungen mit dem Ziel der Ausscheidung potenzieller Sanierungszonen vorzunehmen. Zu diesem Zweck wurden mit einer Clusteranalyse Flächen ähnlich hoher Belastung durch die drei Schwermetalle Cu, Zn und Cd sowie mit dem pH-Wert als zusätzlichem Kriterium gruppiert (Bild 4). Es erweist sich, dass der zentral gelegene Teil der Gemeinde mit einer Belastung um den Prüfwert herum und einem neutralen (das

heisst für die kalkhaltigen Böden von Dornach eher tiefen) pH-Wert sich für die Anwendung von pflanzlichen Sanierungstechniken zur vorbeugenden Abwehr von Gefährdungen am ehesten eignet.

Schlussbemerkung

Die Umsetzung der bodenschutzrechtlichen Zielsetzungen verlangt eine übergreifende Sichtweise, die in den Bodenbelastungen nicht ausschliesslich ein Sanierungsproblem erkennt, sondern die Raumplanung und die konkrete Landnutzung - auch im landwirtschaftlichen Bereich - als mitentscheidende Faktoren einbezieht. Zudem werden die umweltschutzrechtlichen Handlungspflichten dem Handlungsbedarf nur teilweise gerecht: Im Bereich des Schutzes der Bodenfruchtbarkeit wird der eigentlichen Gefährdungsursache, also der bestehenden Bodenverunreinigung, nur insofern begegnet, als dass eine höhere Belastung vermieden werden soll.

Die Frage, wie belastete Flächen genutzt und/oder saniert werden sollen kann letztlich nur gestützt auf eine gesamträumliche Betrachtung beantwortet werden. Die raumplanerische Erfassung und die konkrete Ausgestaltung der Bodennutzung werden damit zum eigentlichen Schlüssel für den angestrebten nachhaltigen Umgang mit den Bodenressourcen. Auch eine breitere Anwendung von Phytosanierungen und die Ausscheidung von «Vorrangflächen» für die Anwendung sanfter Bodensanierungen müssten in diesem Kontext beurteilt werden.

Adresse der Verfasser:
Erwin Hepperle, Dr., Institut für Kulturtechnik, ETH Zentrum, 8092 Zürich, *Martin Fritsch*, Dr., Institut für Kulturtechnik ETHZ und BOb Partners, 8001 Zürich

Anmerkungen

[1]Nahrungs- und Futterpflanzenanbau sowie Nutzungen, bei denen eine direkte Aufnahme von Bodenmaterial möglich ist, vgl. Anhänge 1 und 2 VBBo

[2]So der Sinn von Art. 34 Abs. 3 USG und Art. 10 VBBo, vgl. die Botschaft des Bundesrates zu einer Änderung des Bundesgesetzes über den Umweltschutz vom 7. Juni 1993, in: Bundesblatt 1993, Band II, S. 1511 f, sowie *Christoph Zäch*, Das neue Bodenschutzrecht, Umweltrecht in der Praxis (URP) 1996 S. 509; *Pierre Tschannen* N 38 zu Art. 34

[3]Art. 10 Abs. 1 VBBo in Verbindung mit den Anhängen

[4]Massnahmen, die ergriffen werden, weil die Bodenfruchtbarkeit nicht mehr gewährleistet ist, sind keineswegs «bloss» vorsorglicher Natur, ist doch die Schutzgutverletzung bereits eingetreten. In diesem Sinne ungenau: *Pierre Tschannen*: Kommentar zum Umweltschutzgesetz, N 16 zu Art. 34

[5]*Pierre Tschannen* N 28 und 31 zu Art. 35

[6]Grenzwerte sollen den «Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung» wiedergeben (Art. 35 Abs. 2 und 3 USG, Art. 2 Abs. 5 VBBo)

[7]Altlasten - Anwendbarkeit von Richt- und Grenzwerten aus Vorschriften anderer Anwendungsbereiche bei der Untersuchung und Beurteilung von Altlasten, Ausschuss 2 der Arbeitsgruppe «Gefährdungsabschätzung bei Altlasten», Buwal 1996

[8]Vgl. zum Beispiel BGE 117 Ia 285

[9]Art. 34 Abs. 2 VBBo. Differenzierter ist etwa die Regelung im deutschen Bundesland Baden-Württemberg (VwV Anorganische Schadstoffe Ziff. 4.4.1.): Weil die Cadmiumaufnahme von Auberginen, Baumobst, Bohnen und Weisskohl erheblich geringer ist als jene von Endivie, Grünkohl, Lauch und Sellerie, lässt man hier den Anbau der zur ersten Gruppe gehörenden Pflanzen selbst bei Überschreiten der Belastungswerte ohne weiteres zu, während jener für die zweite Gruppe untersagt bleibt. Für eine dritte Gruppe wird der Anbau nur mit Überwachungsmassnahmen toleriert.

[10]*Wirz E., Winistörfer D.*: Bericht über Metallgehalt in Boden- und Vegetationsproben aus dem Raum Dornach. Kantonales Laboratorium Solothurn 1987. *Gabriella Geiger, Rainer Schulin*: Risikoanalyse, Sanierungs- und Überwachungsvorschläge für das schwermetallbelastete Gebiet von Dornach. Volkswirtschaftsdepartement des Kantons Solothurn/Amt für Umweltschutz Bericht Nr. 2, 1995

[11]Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Schwerpunktprogramm Umwelt, Integrated Project Soil: Gentle soil restoration and sustainable soil protection. Die Ergebnisse sind in TerraTech Heft 6/1999 S. 39 ff zusammengefasst

[12]Bodenbelastungsgebiet Dornach - Situationsbericht 16. Juni 1999. Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Solothurn/Amt für Umweltschutz, S. 16 ff

[13]In Anwendung des Art. 10 Abs. 1 VBBo und Anhang 1 Ziff. 13 (Hausgartenverbot). Vgl. auch Art. 34 Abs. 1 USG, der in der Konsequenz nahe legt, auch die Verwendung von kupferhaltigen Baumaterialen einzuschränken, dazu *Markus Boller*: Kupfer: langfristig drohen irreversible Schäden. in: VGL-Information 3/98 S. 19 ff

[14]Art. 9 TVA, vgl. auch *Pierre Tschannen* N 50 zu Art. 33

[15]Art. 32 Abs. 1 USG in Verbindung mit Art. 7 Abs. 6 USG

[16]Schweizerisches Zentralblatt für Staats- und Verwaltungsrecht (ZBl) 98 (1997) S. 282

[17]*Hans W. Stutz*: Die Kostentragung der Sanierung - Art. 32d USG, URP 1997 S. 766

[18]Vgl. die Beiträge von *Claude Lüscher*: Zweiteilung von Landwirtschaftszonen: Eine Folge des neuen Raumplanungsgesetzes. In: «NZZ» vom 3.9.99, S. 15; *Felix Kienast*: Raum für Gewächshäuser und Masthallen: Landschaftsszenarien zum revidierten Raumplanungsgesetz. In: «NZZ» vom 4.11.99 S. 15

[19]Zur kleinräumigen Variabilität der Schwermetallverteilung im Raum Dornach vgl. Anmerkung 10, insbes. S. 25 ff: Allgemein zum Einfluss der anthropogenen Zusatzbelastung durch den Einsatz von Düngern in Kleingärten vgl. *Thomas Held*: Stoffhaushaltliche Untersuchungen in Kleingärten der Stadt Witten/Ruhr mit besonderer Berücksichtigung der Schwermetalle. Diss. 1995, Bochumer geographische Arbeiten Nr. 61, Bochum 1996, S. 6 ff

[20]Der Cadmium-Prüfwert für Kinderspielplätze wird - soweit bekannt - nicht überschritten.

[21]*Pierre Tschannen:* N 45 zu Art. 34

[22]Der gegenteilige Nachweis bleibt im Einzelfall stets vorbehalten, vgl. *Pierre Tschannen:* N 13 zu Art. 34

[23]Buwal/FAC: Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Liebefeld 1991 S. 41 f

[24]*Achim Kayser, Rainer Schulin, Hansruedi Felix*: Feldversuche zur Phytoremediation schwermetallbelasteter Böden. In: Pflanzenbelastung auf kontaminierten Standorten. Berichte Umweltbundesamt 1/99, Berlin 1999 S. 170 ff; vgl. auch *Beat Stenz, Rainer Schulin, Monika Schenk*: Schwermetallaufnahme durch Kulturpflanzen auf belasteten Böden. Wasser & Boden 49 (1997) S. 7 ff; *Stefan Hesske, Rainer Schulin, Roland W. Scholz*: Im Schnittfeld Wirtschaft, Recht und Individuum: «Sanfte» Bodensanierung zwischen Theorie und Praxis. ETH-Bulletin Nr. 268 (1998) S. 42 ff; *Achim Kayser, Hansrudolf Felix*: Five years of phytoremediation in the field. Extended Abstract. International Workshop of Innovative Potential of Advanced Biological Systems for Remediation. TU Hamburg-Harburg, 1998. March 2-4, S. 81 ff

[25]Vgl. *Uta Neubauer, Achim Kayser, Kathrin Wenger, Gerhard Furrer, Hansrudolf Felix, Satish Gupta, Rainer Schulin*: Sanierung schwermetallbelasteter Böden mit Pflanzen. TerraTech 6/1999 S. 49

[26]Vgl. Anmerkung 10

[27]Volkswirtschaftsdepartement des Kanton Solothurn/Amt für Umweltschutz, Bodenbelastungsgebiet Dornach: Information der Bevölkerung, 3. März 1999