

Bodenverbrauch und -belastung

Bodenverbrauch durch Siedlungsentwicklung und Verkehr

Böden werden sowohl in quantitativer wie qualitativer Hinsicht beansprucht. Einmal werden sie in ihrer Funktion als vielfältiger Lebensraum und als Produktionsgrundlage für Land- und Forstwirtschaft durch intensive Nutzung sowie Schadstoffeinträge

geshmälert oder gefährdet; zum andern wird der Lebensraum Boden durch zunehmenden Flächenverbrauch für die Siedlungszwecke, für Wohn- und Geschäftsbauten, Verkehrsflächen usw. zerstört.

Gemäss Raumplanungsgesetz ist der Boden haushälterisch zu nutzen. Der Flächenverbrauch durch neue Siedlungsgebiete hat jedoch seit Mitte der 70er Jahre rund dreimal stärker zugenommen als die Bevölkerung. In der Stadt Zürich und in ihrer unmittelbaren Umgebung wird mehr als die Hälfte der unbewaldeten Fläche durch Siedlungen beansprucht.

Zu beobachten ist zudem ein uneinheitliches Wachstum: Während die Bevölkerung prozentual am stärksten in peripheren Gebieten wächst, nimmt die Zahl der Arbeitsplätze vor allem in den bereits dicht besiedelten Gebieten der Agglomerationen zu. Nicht zuletzt deshalb beansprucht auch der Verkehr bedeutende Bodenflächen. Die

eigentlichen Verkehrsflächen und -anlagen umfassen zusammen rund 6 % der Kantonsfläche. Dies entspricht etwa der Hälfte der Siedlungsfläche. Allein der Platzbedarf aller Motorfahrzeuge beträgt heute schätzungsweise 776 Hektaren. Seit 1970 verzeichnete diese Fläche einen Zuwachs von rund 80 %.

Eines der wesentlichen Ziele bei der Revision der Richtpläne besteht darin, das Siedlungsgebiet auf die heute gültigen Bauzonen zu beschränken und eine Siedlungsentwicklung nach innen zu fördern. Damit kann unter anderem einer unkontrolliert weitergehenden Inanspruchnahme von Böden zu Siedlungs- und Verkehrszwecken entgegengesteuert werden.

Chemische Bodenbelastung

Ein Grossteil der bodenschädigenden Stoffe wird aus Materialverarbeitungs-, Abnutzungs- und Verbrennungsprozessen über die Luft in den Boden eingetragen oder gelangt mit gartenbaulichen, land- und forstwirtschaftlichen Hilfsstoffen (Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) dorthin. Bedeu-

tungsvoll ist die Tatsache, dass Schwermetalle sowie gewisse synthetisch hergestellte organische Schadstoffe im Boden nicht abgebaut, sondern zunehmend angereichert (akkumuliert) werden, was langfristig zu problematischen Schadstoffkonzentrationen führt.

Erste Resultate der Bodenbeobachtung

Um sich in kurzer Zeit einen groben Überblick über die Belastung des Bodens im Kanton zu verschaffen, wurde 1988/89 der Boden an 425 Standorten untersucht. Erfasst wurden vor allem Metallbelastungen, aber auch solche mit Nährstoffen wie Phosphor und Kalium sowie die pH-Werte und die Kationenaustauschkapazitäten. Kleineräumige, punktuelle Verschmutzungen, beispielsweise in der Umgebung von Emittenten oder durch den direkten Eintrag von schadstoffhaltigen Materialien, werden umfassend ermittelt. Weiterführende Abklärungen über die räumliche Ausdehnung und die Schadstoffquellen der betroffenen Einzelstandorte sind im Gange. Zur langfristigen Überwachung der Bodenqualität ist ein kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) vorgesehen.

Aufgrund der bisherigen Bodenbeobachtungen liegen zum Teil hohe Belastungen für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink vor. Die sauren Bodenverhältnisse, welche sich in weiten Teilen des Zürcher Waldes finden, tragen dazu bei, dass bereits geringe Mengen dieser Schwermetalle nicht im Boden zurückgehalten, sondern gelöst und dadurch von den Pflanzen aufgenommen werden können.

Ein- und Austrag von Schadstoffen im Gleichgewicht und auf einem für den Boden erträglichen Niveau zu halten, ist eine lebenssichernde Herausforderung. Voraussetzung für die Verminderung des Schadstoffeintrags, insbesondere auch aus der Luft, ist die kompromisslos nachhaltige Umsetzung der Massnahmen aufgrund der bundesrätlichen Luftreinhalte- und der Stoffverordnung.

Bodenverbrauch und -belastung

Altlasten

Punktuell besonders hohe Bodenbelastungen ergeben sich aus Altlasten (z.B. an Standorten von Industrieanlagen, Unfällen und Ablagerungen), von denen umweltschädigende Emissionen ausgehen können. Die Erfassung und die Sanierung solcher Altlasten hat erst eingesetzt. Im bereits untersuchten Bezirk Dietikon waren bei rund 5 % der Altlastenverdachtsflächen Sanierungen, Teilsanierungen oder dringliche zusätzliche Abklärungen notwendig.

Für den ganzen Kanton wird mit rund 12'500 Altlasten beziehungsweise mehr-

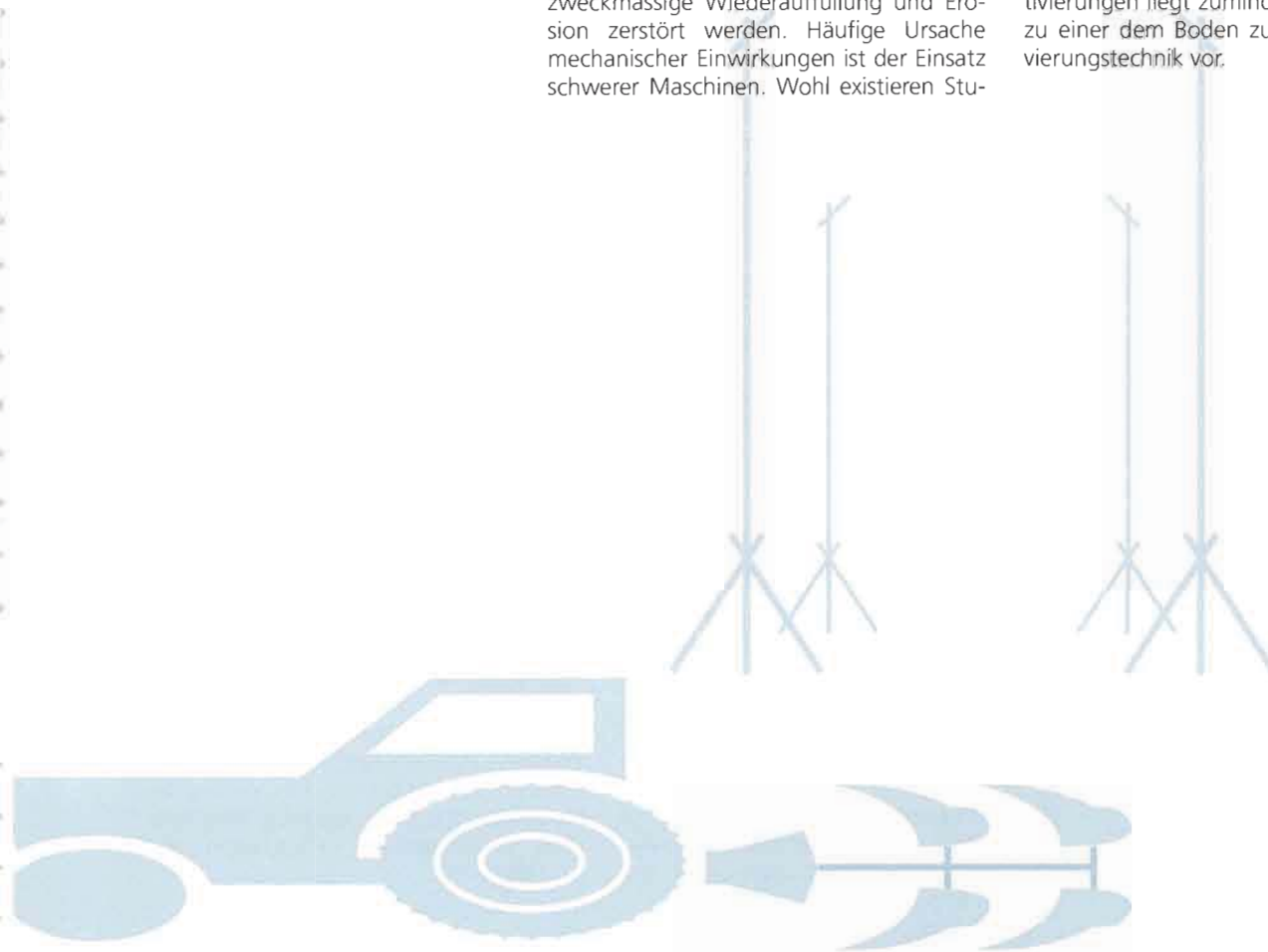
heitlich Altlastenverdachtsflächen gerechnet. In rund 700 Fällen muss vordringlich abgeklärt werden, ob Sanierungsmassnahmen nötig sind; in etwa 2'400 Fällen sind weitere Abklärungen erforderlich und in rund 9'000 Fällen sind weitere Massnahmen erst beim Vorliegen eines Bauvorhabens durchzuführen. 1991 wurde damit begonnen, den Altlastenkataster als Katalog der bekannten Altlasten und Altlastenverdachtsflächen für den ganzen Kanton zu erstellen.

Mechanische Einwirkungen

Eine intakte, gesunde Bodenstruktur ist eine Voraussetzung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die Struktur kann entweder indirekt beeinträchtigt werden, indem der Boden durch chemische Stoffe geschädigt wird, oder sie kann direkt durch mechanische Einwirkungen wie Verdichtung, unzweckmässige Wiederauffüllung und Erosion zerstört werden. Häufige Ursache mechanischer Einwirkungen ist der Einsatz schwerer Maschinen. Wohl existieren Stu-

dien, welche das Ausmass mechanischer Schäden auf einzelnen Parzellen erfassen, es fehlt jedoch ein kantonaler Überblick über das Ausmass von Bodenverdichtung und Bodenerosion.

Mit den 1991 erlassenen kantonalen Richtlinien für die Durchführung von Rekultivierungen liegt zumindest eine Anleitung zu einer dem Boden zuträglichen Rekultivierungstechnik vor.



Bodenaufbau

Der Boden stellt die äusserste belebte Verwitterungsschicht der Erdoberfläche dar. Seine Mächtigkeit beträgt im Kanton Zürich im allgemeinen zwischen 50 und 200 cm. Er ist Grundlage für das Pflanzenwachstum und übernimmt vielfältige Funktionen im Wasserkreislauf, indem er das Wasser filtert (reinigt) und speichert.

Ein Boden besteht aus einer Bodenmatrix von organischen und mineralischen Fest-

stoffen sowie aus einem Porensystem, in welchem sich neben Wasser und Luft die verschiedensten Lebewesen finden. Während die Bodenmatrix Nährstoffe bindet, speichert und unter gewissen Bedingungen an das Bodenwasser abgeben kann, regelt das Porensystem den Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt des Bodens. Ein idealer Pflanzenstandort weist ein ausgewogenes Verhältnis von Grob-, Mittel- und Feinporen auf, so dass überschüssiges Wasser in den Grobporen schnell abfliessen kann und während Trockenzeiten in den Feinporen dennoch genügend Wasser gespeichert wird.

Bedeutung der Bodenlebewesen

Eine kaum vorstellbare Anzahl von Kleinlebewesen bevölkert den Boden. Allein im Volumen eines Streichholzkopfes hätten 100 Milben und Springschwänze Platz. Diese

Bodenlebewesen erfüllen eine wichtige Funktion beim Aufbau der Bodenstruktur. Regenwürmer, Mikroorganismen und Kleinstinsekten verkitten Bodenpartikel zu Aggregaten. Unterstützt wird dieser Prozess durch Pilzfäden und Wurzelausscheidungen höherer Pflanzen. Kanäle abgestorbener Pflanzenwurzeln und Wurmröhren stellen stabile Grobporen dar, durch welche Wasser und Luft in tiefere Schichten gelangen können. Grössere Bodentiere – vornehmlich Regenwürmer – transportieren durch ihre Wühltätigkeit nährstoffreiche Humuspartikel von der Bodenoberfläche in die Tiefe, wodurch tiefgründige Böden mit einem stabilen Gefüge entstehen.

Eine Vielzahl von Kleinlebewesen bevölkert den Boden und nimmt wichtige ökologische Funktionen wahr; allein im Volumen eines Streichholzkopfes haben über hundert Milben und Springschwänze Platz

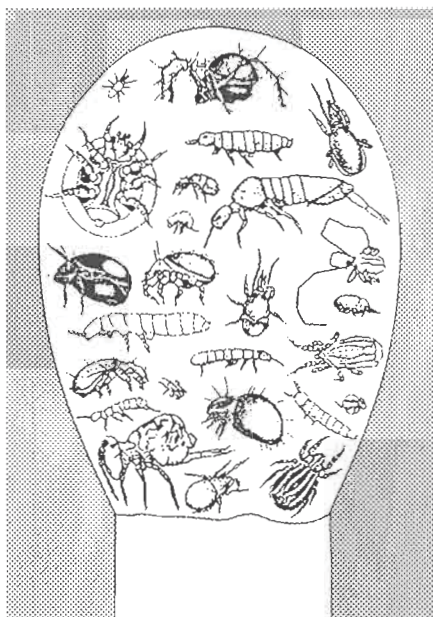
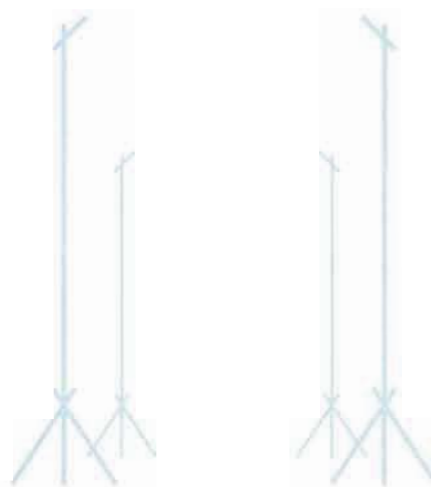


Abb. 60 Quelle: Schweizer Naturschutz, Nr. 4/85



Nutzung des Bodens durch den Menschen

Flächennutzung im Kanton Zürich aufgrund der Arealstatistik 1979/1985

Der Boden stellt eine vielfältige Lebensgrundlage des Menschen dar. Als Baugrundfläche dient er der Erstellung von Siedlungen, Verkehrswegen und anderen Anlagen auch ausserhalb der Siedlungsgebiete. Von der Gesamtfläche des Kantons Zürich von 172'875 Hektaren entfallen 24% auf Gewässer, Siedlungsgebiete und Ver-

kehrflächen. Der Grossteil der Bodenfläche dient jedoch nach wie vor als Grundlage für die Nahrungsmittelproduktion durch die Landwirtschaft sowie der Forstwirtschaft. Diesen Nutzungsarten wird ein Teil der Fläche jeweils vorübergehend für den Materialabbau und die Bereitstellung von Deponieraum entzogen (vgl. auch Seite 82).

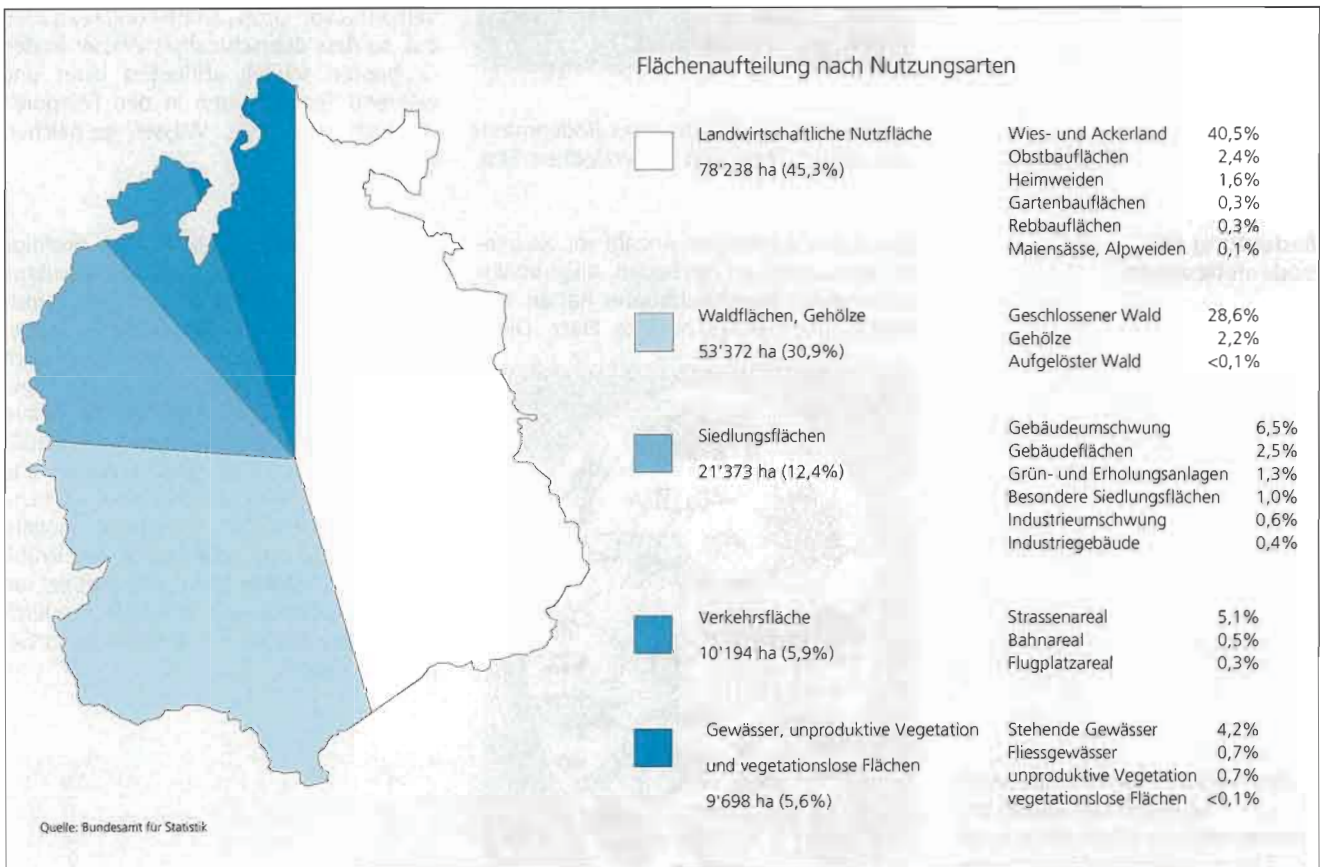


Abb. 61

Rohstoffe/Kiesabbau

Lehm, Kies, Kalkstein und Glimmersand sind die wenigen anorganischen Rohstoffe, die im Kanton Zürich abgebaut werden. Während Lehm und Glimmersand in einigen wenigen Gruben in Rafz, Eglisau, Lufingen und Neftenbach in eher begrenzten Mengen gewonnen werden, stellt Kies den einzigen im Kanton in grösserer Menge verfügbaren Rohstoff dar. Er wurde von den Gletschern der letzten Eiszeit abgelagert

und wird heute an verschiedenen Orten des Kantons Zürich abgebaut. Je nach Abbauort sind Kiesvorkommen unterschiedlicher Qualität vorhanden. 73 % der gesamten im Kanton vom Kiesabbau richtplanmässig festgelegten Flächen liegen in der Abbauregion Zürcher Unterland. Dort, hauptsächlich im Rafzerfeld, können grosse Mengen Kies bester Qualität abgebaut werden.

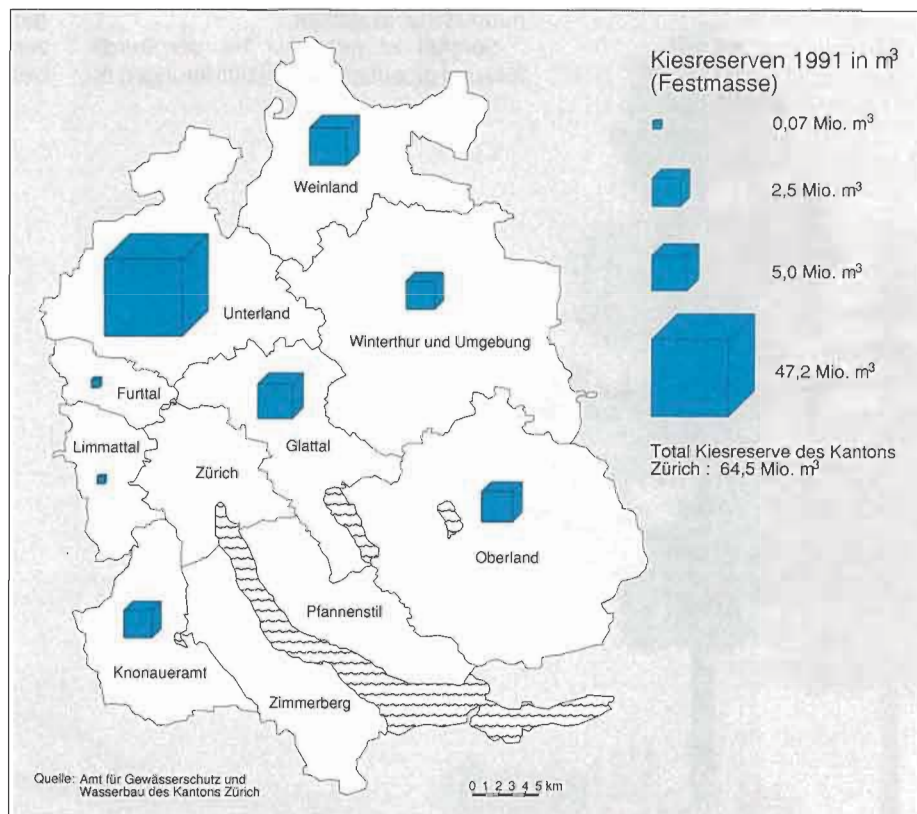
Nutzung des Bodens durch den Menschen

Beschränkte Kiesreserven

Rund 80 % des 1991 im Kanton gewonnenen Kieses stammt aus dem Zürcher Unterland. Ein Kiesabbau mit weiträumig erheblichen Folgen für die Landschaft setzte erst nach dem zweiten Weltkrieg, vor allem seit den 60er Jahren ein. Von den gesamten bisher im Rafzerfeld festgelegten Abbaugebieten mit einem Kiesvorkommen von 65 bis 70 Mio. m³ wurden bereits rund 50 Mio. m³ abgebaut. Das in den festgelegten Abbaugebieten des Zürcher Unterlandes bewilligte

Kiesabbauvolumen betrug 1991 noch 16,3 Mio. m³, die gemäss kantonalem Richtplan für diese Region ausgewiesene totale Kiesreserve 47,2 Mio. m³. Die Kiesvorkommen alleine im Rafzerfeld werden noch auf rund 540 – 580 Mio. m³ geschätzt. Jedoch nur rund 90 Mio. m³ davon liessen sich nach heutigen Kriterien mit vertretbarem Aufwand und tolerierbaren Umweltauswirkungen abbauen.

Im kantonalen Richtplan festgelegte Kiesreserven des Kantons Zürich 1991



Karte 19

Neue Kiesnutzungsgebiete werden nur bewilligt, wenn die entsprechenden Gebiete im kantonalen Richtplan eingetragen sind. Zudem muss ein kantonaler Gestaltungsplan vorliegen, in welchem unter anderem die Massnahmen zur späteren Rekultivierung aufgezeigt werden.

Da es sich bei Kies um ein begrenzt verfügbares Gut handelt, ist ein bewusster und zurückhaltender Umgang notwendig. Möglichkeiten zur Schonung dieser Ressource ergeben sich durch die Verwendung von Kiesersatzmaterialien aus sortierten und aufbereiteten Bauschuttfraktionen sowie Asphalt- und Betonbelägen (vgl. Seite 78).

Nutzung des Bodens durch den Menschen

Rekultivierung

Ist der Abbau von Kies und Lehm abgeschlossen bzw. eine Deponie aufgefüllt, wird das Terrain in der Regel in geeigneter Weise, in erster Linie im Hinblick auf die land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie unter Berücksichtigung der Anliegen des Natur- und Landschaftschutzes, wiederhergestellt, bzw. rekultiviert. Die Auffüllung von Kiesgruben darf dabei nur mit sauberem Aushub oder Felsausbruchmaterial erfolgen. 1991 wurden in Kiesgruben des Kantons Zürich etwas über drei Mio. m³ Aushubmaterial eingebaut.

Sorgfalt ist nicht nur bei der Durchführung grossflächiger Rekultivierungen er-

forderlich. Auch bei geringen Terrainveränderungen im Landwirtschaftsgebiet und im Wald sind Rekultivierungen fachgerecht durchzuführen, damit gesunder und fruchtbarer Boden wieder hergestellt werden kann.

Besondere Beachtung ist dem Abschluss von Deponien zu schenken, weil dort neben der mechanischen Schädigung des Bodens auch der Schadstofftransfer aus der Deponie in den darüberliegenden Boden zu verhindern ist. Geeignete Verfahren zur Gestaltung derartiger Abschlüsse sind aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen zu erarbeiten und zu verfeinern.

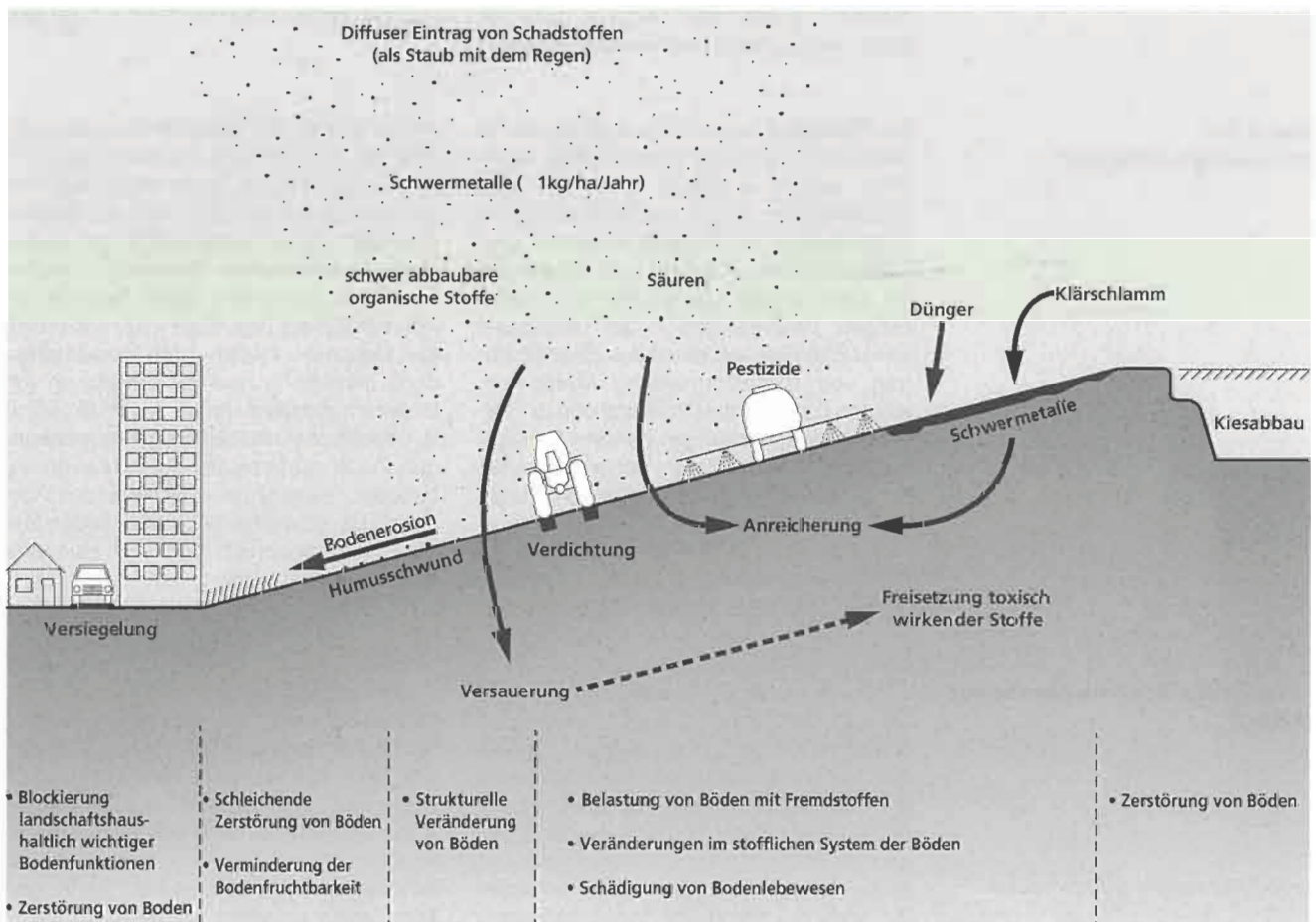


Der Boden beschränkt sich keineswegs auf die Oberfläche, die das Auge wahrnimmt. Vielmehr handelt es sich dabei um einen vielfältigen Lebensraum, dessen Unversehrtheit von entscheidender Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit und damit für die Nutzung des Bodens durch Land- und Forstwirtschaft ist. Diese Funktion kann der Boden langfristig nur dann erfüllen, wenn er vor schädlichen Einflüssen wie Stoffeinträgen und Übernutzung geschützt wird. Der zunehmende Bodenverbrauch für die Siedlungsentwicklung (Bauten, Verkehrsflächen usw.) überlagert diese qualitativen Aspekte des Bodenschutzes: Jahr für Jahr wird dadurch der Lebensraum Boden in bedeutendem Umfang und in einschneidender Weise von den natürlichen Wechselwirkungen abgekoppelt.

Einwirkungen auf den Boden

Boden als Teil der natürlichen Umwelt geht durch Überbauung sowie durch Versiegelung von Strassen und Plätzen verloren (quantitative Beanspruchung). Qualitativ kann der Boden sowohl durch Stoffeintrag wie auch aufgrund mechanischer Einwirkungen geschädigt werden. Giftig wirkende Stoffe (Schwermetalle, organische Schadstoffe usw.) können das Pflanzenwachstum direkt beeinflussen und die Bodenlebewesen schädigen. Schäden an der Bodenstruktur werden vor allem durch mechanisch-physikalische Einwirkungen verur-

sacht. Die Zerstörung und die fehlende Erneuerung der Bodenstruktur führen dazu, dass der Boden in Feinteile zerfällt, welche mitsamt den daran gebundenen Nährstoffen abgeschwemmt (vgl. Seite 110) oder vom Wind ausgeblasen werden können. Die Schäden an der Bodenstruktur können auch zur Beeinträchtigung des Sauerstoff- und Wasserhaushaltes unter anderem Vernäsungen, oberflächliche Abschwemmungen) führen, was sowohl das Bodenleben wie auch das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigt.



Bodenbelastungen durch Überbauung, Stoffeintrag und mechanisch-physikalische Belastungen

Abb. 88

Quelle: Schweizer Lexikon, Band 1, 1991, leicht verändert

Bodenbeobachtung

Grobübersicht der Bodenbelastung

Um sich in kurzer Zeit einen groben Überblick über die Belastung des Bodens im Kanton zu verschaffen, wurde 1988/89 der Boden an 425 Standorten untersucht, die aufgrund eines Rasternetzes mit einer Maschenweite von 2 x 2 Kilometern ausgewählt wurden. Es handelte sich dabei um 130 Wald- oder Kahlschlagflächen, 253 landwirtschaftlich genutzte Flächen, 31 Rasen-, Hausgarten- oder Schrebergartenflächen (Siedlungsgebiet) sowie einzelne Spezialstandorte wie Hecken, Obstanlagen, Strassenböschungen und organische Böden (Moorböden). Auf dem Gebiet der Stadt Winterthur wurde dieses Netz auf 500 x 500 Meter verdichtet. Erfasst wurden in diesen

Untersuchungen die Totalgehalte an den Schwermetallen Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink, teilweise an Molybdän und Fluor sowie die löslichen Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer und Zink. Ebenfalls ermittelt wurden die Gehalte an den Nährstoffen Phosphor und Kalium sowie als wesentliche Bodenkennwerte die pH-Werte und die Kationenaustauschkapazitäten. Zur Vereinfachung der Untersuchungen beschränkte man sich auf die Erfassung des Oberbodens bis in eine Tiefe von 20 Zentimetern. Die Ergebnisse dieser ersten Bodenuntersuchung konnten 1989 veröffentlicht werden.

Stand der Bodenuntersuchungen

Die bisherigen kantonalen und regionalen Bodenuntersuchungen ermöglichen heute einen groben Überblick über die Belastungssituation des Bodens im Kanton, wie sie beispielsweise infolge der grossräumigen Schadstoffeinträge aus der Luft entstanden ist. Kleinräumige, punktuelle Verschmutzungen, beispielsweise in der Umgebung von Emittenten oder durch den direkten Eintrag von schadstoffhaltigen Materialien, werden derzeit ermittelt. Aufgrund der bisherigen Untersuchungen wurden Eintragungssituationen mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden sowie ein Teil der belasteten Einzelstandorte sichtbar.

Weiterführende Abklärungen über die räumliche Ausdehnung und die Schadstoffquellen der betroffenen Einzelstandorte

sind im Gange. Mit gezielten Einzeluntersuchungen müssen die kritischen Schadstoffeintragswege in den Boden eruiert werden. Mittelfristig werden alle Untersuchungsergebnisse in einen Verdachtsflächenkataster für Bodenbelastungen einfließen, welcher eine Ergänzung des in Arbeit befindlichen Altlastenkasters (vgl. Seite 152) ausserhalb der Deponie-, Unfall- und Industriestandorte darstellt. Er wird zur Umsetzung von Bodenschutzmassnahmen (Aushubkontrolle, Depositions- und Nutzungsbeschränkungen, Zustandsüberwachung und Sanierung) benötigt. Insbesondere soll verhindert werden, dass schadstoffbelasteter Boden unkontrolliert deponiert oder zur Humusierung eingesetzt wird.

Langfristige Bodenbeobachtung (KABO)

Da Boden weder ein grossflächig sanierbares noch erneuerbares Gut ist, müssen bei Fehlentwicklungen Massnahmen ergriffen werden, bevor eine irreversible Schädigung der Bodenfruchtbarkeit eingetreten ist. Die Früherkennung von Bodenverschlechterungen ist daher ein zentrales Anliegen des Bodenschutzes. Langsame Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit können mit einmaligen Bodenanalysen nicht erfasst werden. Dazu ist es notwendig an ausgewählten Standorten zeitlich gestaffelte Messreihen zu erfassen.

Zur langfristigen Überwachung der Bodenqualität wird ein kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) geplant. Dieses soll 100 – 200 Standorte umfassen und im Gegensatz zur 1988/89 durchgeführten Rasternetzuntersuchung auch die tieferen Bodenschichten erfassen. Zudem soll die Zahl der zu beobachtenden Stoffe und Kennzahlen erweitert werden und insbesondere auch organische Schadstoffe umfassen. Das geplante Beobachtungsnetz wird auf weite Sicht angelegt, so dass die einzelnen Standorte auch noch nach Jahrzehnten untersucht werden können.

Chemische Belastung

Stoffeinträge

Wachsende Bevölkerungszahl und erhöhter Materialumsatz pro Person vergrössern den vom Menschen verursachten Stoffeintrag in den Boden. Das Ausmass des aktuellen Eintrags an einzelnen Schadstoffen in den Boden, beispielsweise an Schwermetallen und synthetisch hergestellten organischen Stoffen, ist vor allem menschlichen Aktivitäten zuzuschreiben. Ein Grossteil solcher Schadstoffe wird aus Materialverarbeitungs-, Abnützungs- und Verbrennungsprozessen über die Luft in den Boden eingetragen oder gelangt mit gartenbaulichen, land- und forstwirtschaftlichen Hilfsstoffen (Dünger, Pflanzenschutzmittel; vgl. Seite 135) dorthin. Weitere wichtige Quellen sind: nicht angepasste Abfallbewirtschaftung (Deponien), nicht gefasste Abwässer oder

solche aus beschädigten Abwasserleitungen, durch Verwitterung freigesetzte Stoffe von Bauwerken und Installationen sowie freigesetzte Stoffe aus dem Muttergestein des Bodens selbst.

Massnahmen gegen übermässigen Stoffeintrag aus der Luft wurden mit der Luftreinhaltverordnung (LRV) eingeleitet und kommen allmählich zum Tragen. Verschiedene Abluftreinigungstechniken tragen dazu bei, dass der Ausstoss problematischer Stoffe aus Materialverarbeitungs- und Verbrennungsprozessen massgeblich reduziert werden kann (end of pipe). Die Stoffverordnung führt im Sinne des Verursacherprinzips dazu, dass die Verwendung problematischer Stoffe generell an der Quelle reduziert wird.

Wichtige Emissionsquellen anorganischer Schadstoffe

Anorganische Schadstoffe (VSBö)	Cadmium (Cd)	Blei (Pb)	Zink (Zn)	Quecksilber (Hg)	Chrom (Cr)	Kupfer (Cu)	Nickel (Ni)	Molybdän (Mo)	Cobalt (Co)	Fluor (F)	Thallium (Tl)
Emissionsquellen											
Aluminiumverhüttung										●	
Keramik										●	
Kunststoffindustrie	●										
Zementwerke											●
Verzinkereien	●		●								
Ziegeleien										●	●
Akkumulatorenbau	●	●		●							
Grossfeuerungen	●	●					●				
Strassenverkehr	●	●	●								
Lackierereien	●	●	●	●	●	●					
Galvanisierbetriebe	●	●	●	●	●	●	●	●			
Stahlwerke	●	●	●		●	●	●	●	●		
Buntmetallschmelzwerke	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Chemische Industrie	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Metallspritzwerke	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Sonderabfallverbrennung	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Kehrichtverbrennung	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Tab. 10

Quelle: «Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden» BUWAL 1987, leicht verändert

Chemische Belastung

Natürliches Vorkommen von Schwermetallen

Sechs der zehn in der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) genannten Schwermetalle, nämlich Chrom, Cobalt,

Kupfer, Molybdän, Nickel und Zink, sind für Mensch, Tier und Pflanzen lebensnotwendige Spurenelemente. Sie werden mit der Nahrung aufgenommen und wirken erst in höheren Konzentrationen für den Organismus giftig. Keinerlei positive Wirkungen auf Lebewesen sind hingegen von den Elementen Blei, Cadmium und Quecksilber bekannt.

Alle diese Elemente kommen in der Erdkruste, meist in sehr geringen Konzentrationen, vor. Auf Böden, die aus Gesteinen mit hohen Schwermetallgehalten entstanden sind, findet man eine an die Schadstoffe angepasste «Schwermetallvegetation».

Wirkung von Schwermetallen im Boden in Abhängigkeit der Konzentration

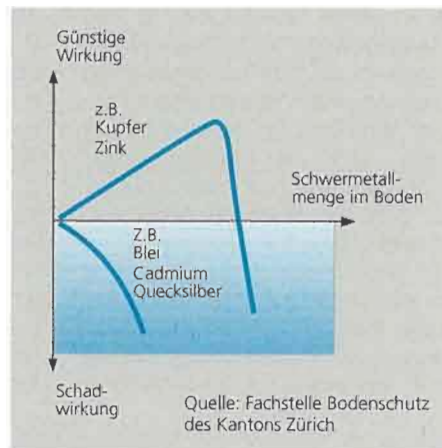


Abb. 89

Beobachtete chemische Belastungen

Die nachfolgend dargestellten Belastungen sind die Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen von 1988/1989, welche aufgrund

eines Rasters das ganze Kantonsgebiet erfassen (vgl. Seite 144).

Belastung mit Cobalt, Molybdän, Thallium

Die Belastungen mit Cobalt, Molybdän und Thallium stellen aufgrund bisheriger Untersuchungen keine Probleme dar.

Quecksilberbelastung

Für Quecksilber sind im Siedlungs- und vereinzelt im Landwirtschaftsgebiet Richtwertüberschreitungen ermittelt worden. An den entsprechenden Standorten sind gezielte

Einzeluntersuchungen notwendig. Im übrigen liegen die Quecksilbergehalte von über 90 % aller Proben bei weniger als einem Viertel des Richtwertes.

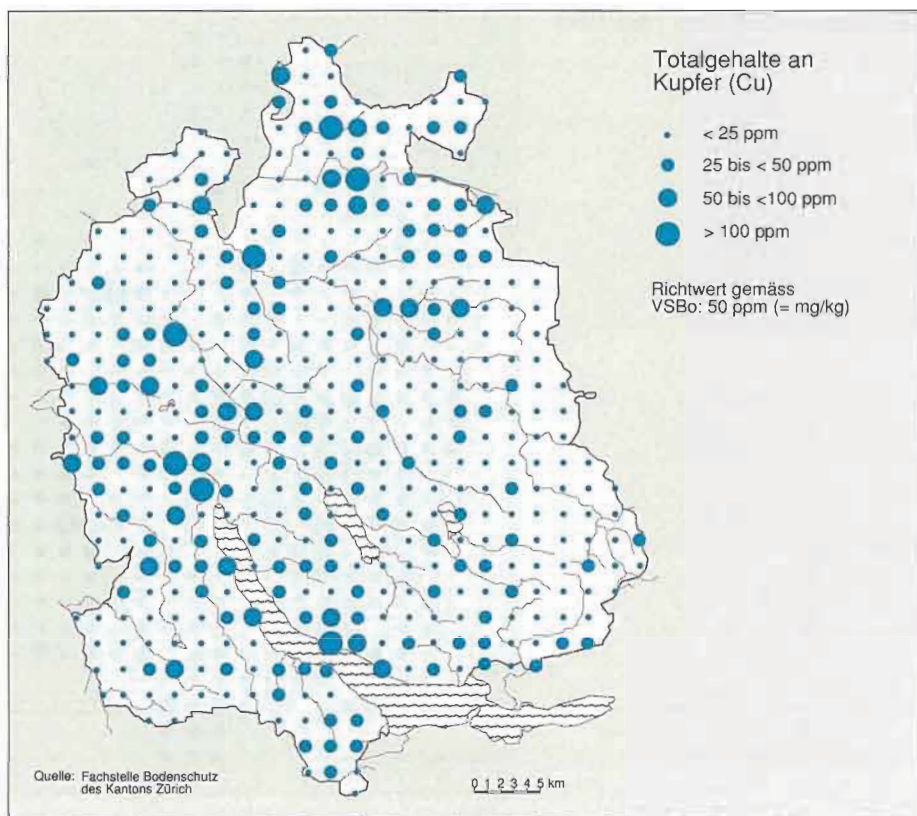
Kupferbelastung

Kupfer erreicht vor allem in den Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen erhöhte Gehalte. Bei einem Drittel der Böden liegt sein

Gehalt über der Hälfte des Richtwertes, was langfristig Probleme aufwerfen könnte.

Beobachtete chemische Belastungen

Kupfergehalte des Bodens
1988/1989



Karte 28

Belastung mit Blei, Cadmium, Zink

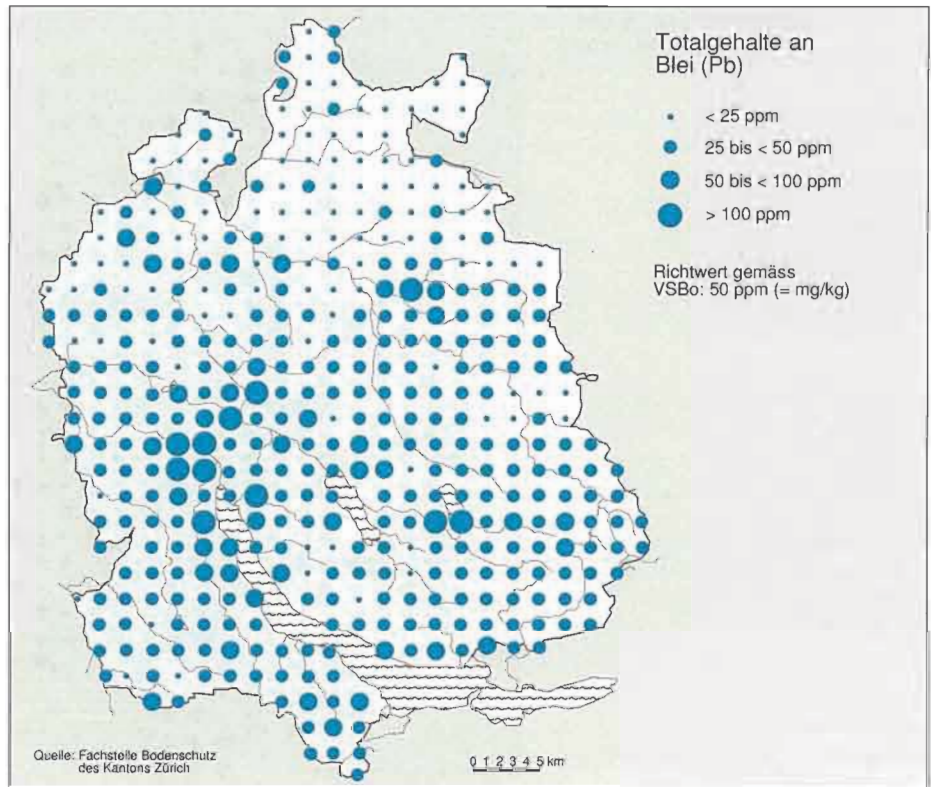
Durch die zunehmende Verwendung von bleifreien Treibstoffen nimmt zwar die Zufuhr von Blei generell stark ab, doch stellen die heutigen Blei- und Cadmiumgehalte bereits eine hohe Grundbelastung dar. Die Gehalte an Cadmium liegen vor allem im Siedlungs- und Landwirtschaftsgebiet häufig im Bereich des halben Richtwertes oder darüber. Bei sauren Bodenverhältnissen, wie sie in weiten Teilen des Zürcher Waldes vorkommen, werden die Schwermetalle Cadmium und Zink im Boden schlecht gebunden. Sie

liegen in gelöster Form vor und können so von den Pflanzen aufgenommen werden. Diese leichte Pflanzenverfügbarkeit des Cadmiums sowie seine Giftigkeit für Mensch und Tier erfordern eine weitere Reduktion des Cadmiumeintrags. Die im Siedlungsgebiet gegenüber ländlichen Gebieten allgemein eher höheren Zinkgehalte sowie die aufgrund saurer Bodenverhältnisse hohen löslichen Zinkanteile im Wald sind ein Problem für die Bodenfruchtbarkeit und das Pflanzenwachstum.



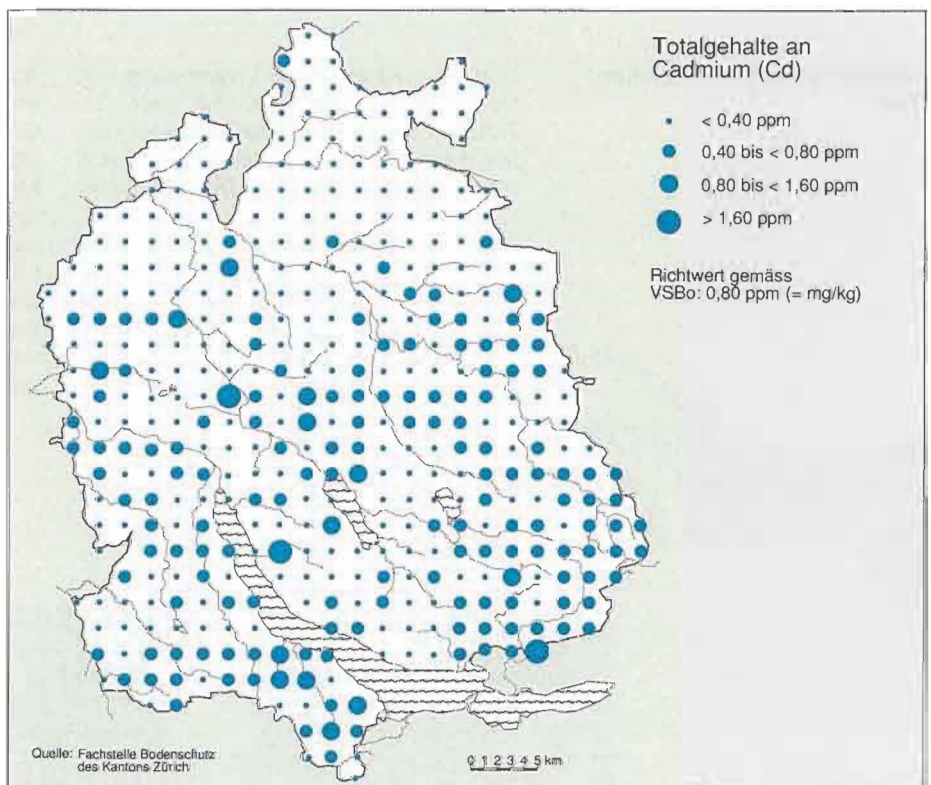
Beobachtete chemische Belastungen

Bleigehalte des Bodens 1988/1989



Karte 29

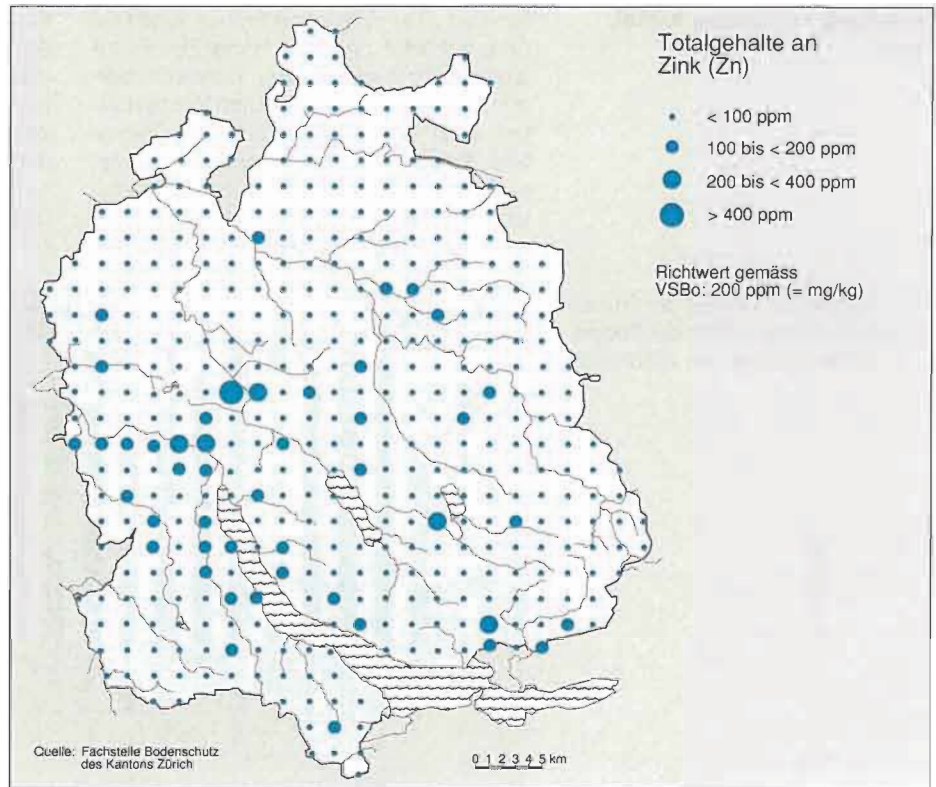
Cadmiumgehalte des Bodens 1988/1989



Karte 30

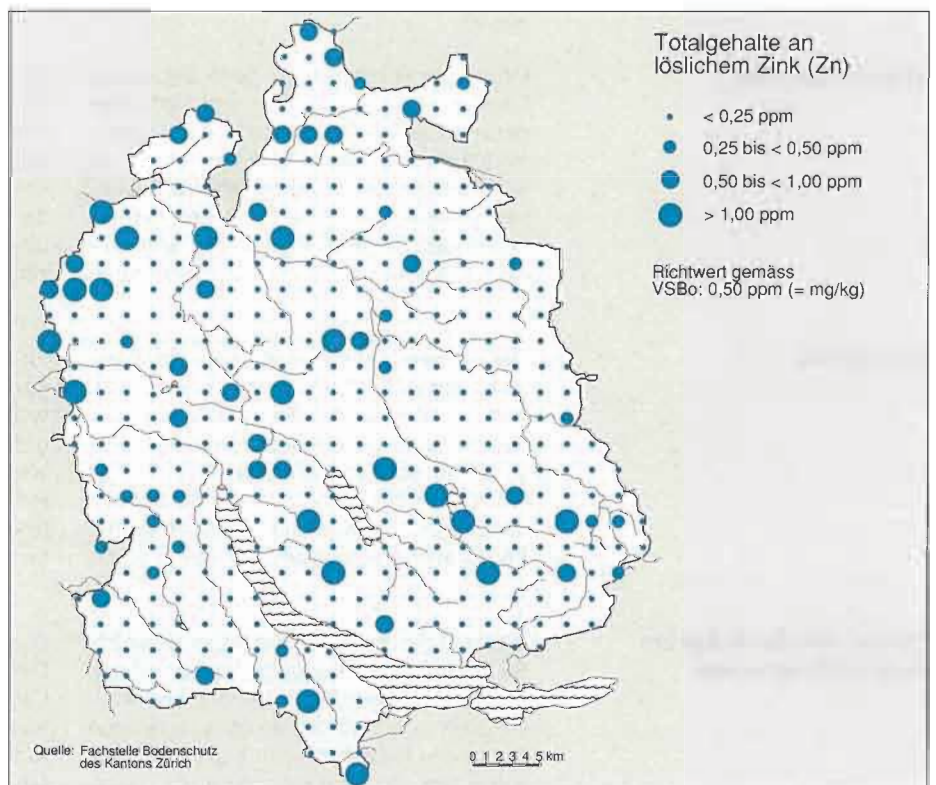
Beobachtete chemische Belastungen

Zinkgehalte des Bodens 1988/1989



Karte 31

Gehalte an löslichem Zink des Bodens 1988/1989



Karte 32

Beobachtete chemische Belastungen

Belastung mit Chrom, Nickel, Fluor

Bei rund einem Viertel der Proben liegen die Chromgehalte über der Hälfte des Richtwertes, sehr wenige weisen Richtwertüberschreitungen auf. Die erhöhten Werte dürften auch mit einer natürlichen Chrom-Grundbelastung zusammenhängen (vgl. natürliches Vorkommen von Schwermetallen Seite 146). Dies gilt in verstärktem Ausmass für Nickel, das regional in erhöhten

Konzentrationen vorzukommen scheint. Auch bei Fluor ist zu vermuten, dass die natürliche Belastung einen namhaften Beitrag zu den beobachteten hohen Werten leistet. Es muss deshalb auch überprüft werden, ob der Richtwert der VSBo für Fluor die natürliche Belastung ausreichend berücksichtigt.

Prozentualer Anteil der Proben pro Belastungsstufe der Bodenuntersuchung von 1988/1989

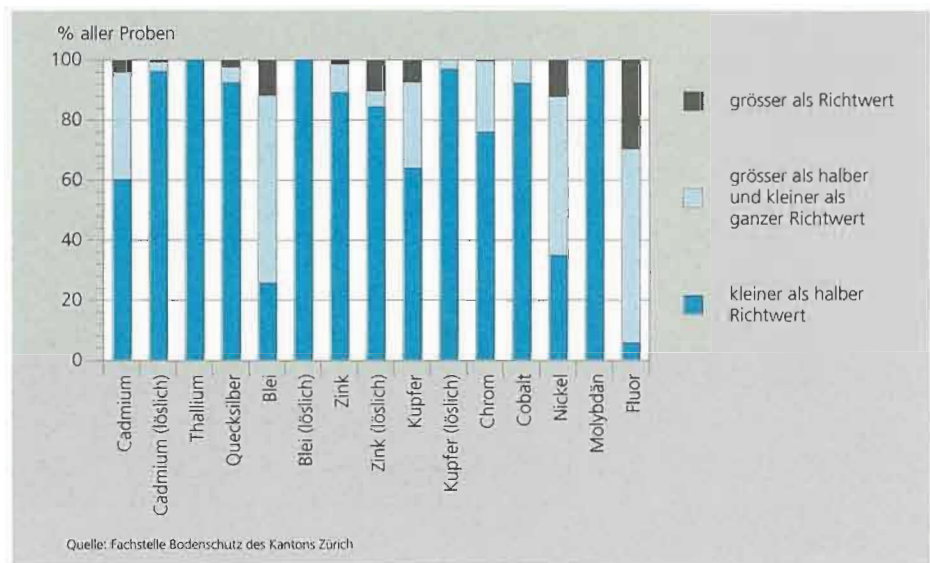


Abb. 90

Nährstoffgehalte

Infolge der Düngung (vgl. Seite 38) weisen Flächen in Landwirtschafts- und Siedlungsgebieten wesentlich höhere Gehalte an den Nährstoffen Phosphor und Kalium auf als Waldgebiete. Zwar sind die erhöhten Nährstoffgehalte in der Regel kein Problem für den Boden, sie können jedoch zu Belastungen der Gewässer führen. Zudem zeichnen

sich stark mit Phosphor gedüngte Standorte oft durch erhöhten Gehalt an Blei, Cadmium, Kupfer, Zink oder Chrom aus. Die teils hohen Nährstoffgehalte im Siedlungs- und im Landwirtschaftsgebiet weisen darauf hin, dass die Schadstoffe vor allem auch durch übermässigen Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln in die Böden gelangen.

Säurewerte

Der Säureeintrag in den Boden stammt teilweise aus der mit Stickoxiden und Schwefeldioxid belasteten Luft (vgl. Seite 133). Die damit verbundene Bodenversauerung ist auffallend stark im Wald erkennbar. Dies ist insofern problematisch, als die Waldböden ohnehin zur Versauerung neigen; in sauren Böden aber sind gelöste Schadstoffe schon

für Pflanzen verfügbar, wenn die Konzentrationen noch weit unterhalb der Richtwerte der VSBo liegen. Dadurch können nicht nur der Boden und die Pflanzen geschädigt werden, die Schadstoffe können auf diesem Weg auch in die Nahrungsmittelkette von Tieren und Menschen gelangen.

Schwermetalleinträge am Beispiel Düngemittel

1990 hat die Fachstelle Bodenschutz je rund 50 Handels- und Hofdünger (Gülle) auf den Gehalt an Nährstoffen sowie Schwermetallen untersucht und mit den entsprechenden Daten von Klärschlämmen (vgl. Seite 109) verglichen. Im Verhältnis zu ihrem Nährstoffgehalt wiesen phosphorhaltige Han-

delsdünger die höchsten Chromgehalte auf. Die ab 1996 für den Handel verbindlichen Cadmiumgrenzwerte für Handelsdünger wurden meist noch nicht eingehalten. Mit Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel und Quecksilber am stärksten belastet waren die Klärschlämme, doch liegen die Werte deutlich

Beobachtete chemische Belastungen

unter den gesetzlichen Grenzwerten. Vergleichsweise günstig schneiden die Hof-, die Stickstoff- und die Kalidünger ab. Der Einsatz von Kompost zu Düngezwecken kann hinsichtlich des Recyclings von Nährstoffen als wertvoll beurteilt werden. Sein Nährstoffgehalt beträgt jedoch meist nur ein Viertel bis ein Drittel desjenigen von Klärschlamm, sein Schwermetallgehalt pro Nährstoffeinheit ist mit jenem von Klärschlamm vergleichbar.

Am Beispiel der Düngung wurde die langfristige Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit beurteilt. Es wurde der Zeitpunkt ermittelt, in dem die Richtwerte gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) infolge des Einsatzes von Düngemitteln erreicht sein werden. Kommen Düngerkombinationen zum Einsatz, die vorwiegend auf Handelsdünger, Gülle oder Gülle kombiniert mit Klärschlamm basieren, werden die Richtwerte für keines der Schwermetalle innert der nächsten 500 Jahre erreicht. Die kürzesten Anreicherungszeiten haben Cadmium,

Kupfer und Zink. Bei Blei und Quecksilber beträgt das entsprechende Zeitintervall mehr als 1'300 Jahre, bei Kobalt, Chrom und Nickel mehr als 3'500 Jahre. Diese Angaben setzen eine fachgerechte Düngung voraus und gelten für durchschnittliche Verhältnisse. Eine Düngung, welche auf maximalem Klärschlammeinsatz beruhen würde, hätte zur Folge, dass die Richtwerte für Kupfer, Blei und Zink nach weniger als 250 Jahren erreicht würden. Andere Einträge, beispielsweise Blei und Cadmium aus der Luft oder Kupfer aus Pflanzenbehandlungsmitteln, sind für den Schwermetallgehalt der Böden ebenso bedeutend. Die Schwermetallfrachten aller Eintragspfade kummulieren sich und verschärfen die Situation. Namentlich bei der Verwendung besonders schwermetallhaltiger Einzeldünger, bei übermässigem Dünger- oder Pflanzenschutzmitteleinsatz und in Gebieten mit überdurchschnittlich belastetem Luftraum ist die Bodenfruchtbarkeit kleinräumig besonders stark bedroht.

Schwermetallgehalte im Boden nach 100 Jahren im Vergleich mit den Bodenrichtwerten gemäss VSBo nach Anwendung verschiedener Düngerarten

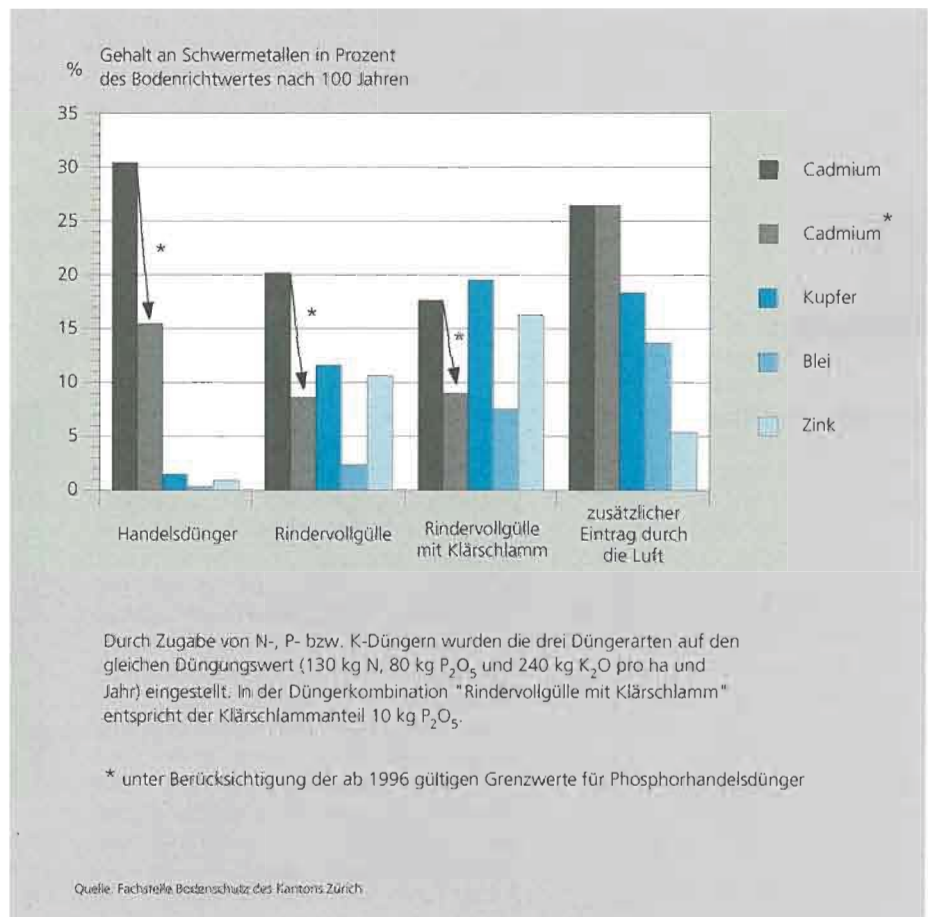


Abb. 91

Beobachtete chemische Belastungen

Schadstoffabbau und Bodensanierung

Mit Hilfe entsprechender Technik gelingt es heute, Wasser- oder Luftbelastungen zu reduzieren. Für belastete Böden ist dies nur in besonderen Fällen möglich und zudem ausserordentlich schwierig und teuer. Einerseits sind Bodenschadstoffe meist nur schwer abbaubar, bei Schwermetallen und Fluor findet überhaupt kein Abbau statt; andererseits ist der Austrag durch Pflanzen, welche die Schadstoffe aufnehmen, oder durch Auswaschung und Verlagerung in tiefere Bodenschichten meist sehr gering. In

der Folge verbleiben die Schadstoffe in der Regel im Boden und können, wenn der Eintrag nicht unterbunden wird, kontinuierlich angereichert werden.

Lediglich eine Problemverschiebung ergibt sich, wenn verschmutztes Bodenmaterial entfernt und durch sauberes Material ersetzt wird. Einerseits wird dazu genügend sauberes Bodenmaterial aus anderen Standorten benötigt, andererseits muss das verschmutzte Bodenmaterial wieder in geeigneten Deponien umweltgerecht entsorgt werden.

Massnahmen zur Verminderung des Schadstoffeintrags

Voraussetzung für die Verminderung des Schadstoffeintrags aus der Luft ist eine kompromisslos nachhaltige Umsetzung der Massnahmen aufgrund der Luftreinhalte- und der Stoffverordnung (vgl. Seite 139 bzw. 109).

Die in der Stoffverordnung vorgezeichneten Leitplanken für die Verwendung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen sind in der Praxis konsequent einzuhalten. In der Landwirtschaft und vor allem im Bereich der privaten Gärten ist dabei der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln an die Bedürfnisse der Pflanzen und die Nährstoffversorgung der Böden anzupassen. Bei der Produktion von Lebensmitteln muss abgestützt auf fundierte Sachkenntnisse Ertrags-

maximierung restlos durch Qualitätsoptimierung abgelöst werden.

Bei im Rahmen von Bauarbeiten anfallenden Bodenumlagerungen («Humusverschiebung») ist zu verhindern, dass Flächen mit intakter Bodenfruchtbarkeit mit belastetem Aushubmaterial überdeckt und verunreinigt werden.

Die Versauerung von Waldböden und die daraus resultierende Zunahme der Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen ist im Rahmen der Forstwirtschaft zu beachten. Massnahmen sind einzuleiten, falls der Gesundheitszustand der Bäume (vgl. Seite 173) oder die Grundwasserqualität bedroht sind (vgl. Seite 126).

Altlasten

Erfassung und Klassifizierung

Mit der systematischen Erfassung und Klassifizierung der Altlasten und Altlastenverdachtsflächen wurde 1988 im Bezirk Dietikon begonnen. Ende 1989 waren dort insgesamt 945 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen erfasst. Davon betrafen rund 40 % Deponien, 3 % Unfallstandorte und 57 % Industriestandorte. Für den ganzen Kanton wird mit rund 12'500 Altlasten beziehungsweise mehrheitlich Altlastenverdachtsflächen gerechnet.

Die Aufteilung wird gesamtkantonal ähnlich eingeschätzt wie im Bezirk Dietikon. Gesamtkantonal ist aufgrund dieser Pilotuntersuchungen bei rund 700 Altlasten die Notwendigkeit von Sanierungsmassnahmen vordringlich abzuklären, in etwa 2'400 Fällen sind weitere Abklärungen

Unter Altlasten werden Standorte von Anlagen, Unfällen und Ablagerungen mit umweltgefährdenden Stoffen verstanden, von welchen umweltschädigende Emissionen ausgehen können. Auch die daraus resultierenden Boden- und Untergrundverschmutzungen werden als Altlasten bezeichnet. Standorte, die so beeinflusst wurden, dass lediglich die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Altlast erhöht ist, gelten als Altlastenverdachtsflächen.

erforderlich. In etwa 9'000 Fällen sind weitere Massnahmen erst beim Vorliegen eines Bauvorhabens durchzuführen.

Altlasten

Altlastenkataster

1991 wurde damit begonnen den Altlastenkataster als Katalog der bekannten Altlasten und Altlastenverdachtsflächen für den ganzen Kanton zu erstellen. Teil davon ist eine kartographische Darstellung sämtlicher erfasster Standorte sowie deren Bewertung. Der Altlastenkataster erweist sich für Behörden und Betroffene als effizientes und kostengünstiges Vorsorgeinstrument, da er frühzeitige Abklärungen über das Gefahrenpotential sowie über die Behebung, Minderung oder Sicherung von Altlasten

ermöglicht. Seine Konsultation bei allen Bewilligungsverfahren verhindert zudem die Verschiebung von Altlasten an andere, meist ebenso ungeeignete Standorte.

Bei nachgewiesenem Sanierungsbedarf ist vor Baubeginn ein situationsgerechtes Sanierungs- und Entsorgungsprojekt zu erarbeiten und umzusetzen. Dies erfolgt in erster Linie durch den Altlasten-Verursacher bzw. den Bauherrn, begleitet durch die kantonalen Stellen.

Altlasten und Altlastenverdachtsflächen im Bezirk Dietikon mit den zu treffenden Massnahmen sowie Anzahl der Altlastenverdachtsflächen im Kanton Zürich geschätzt aufgrund der Erhebungen im Bezirk Dietikon

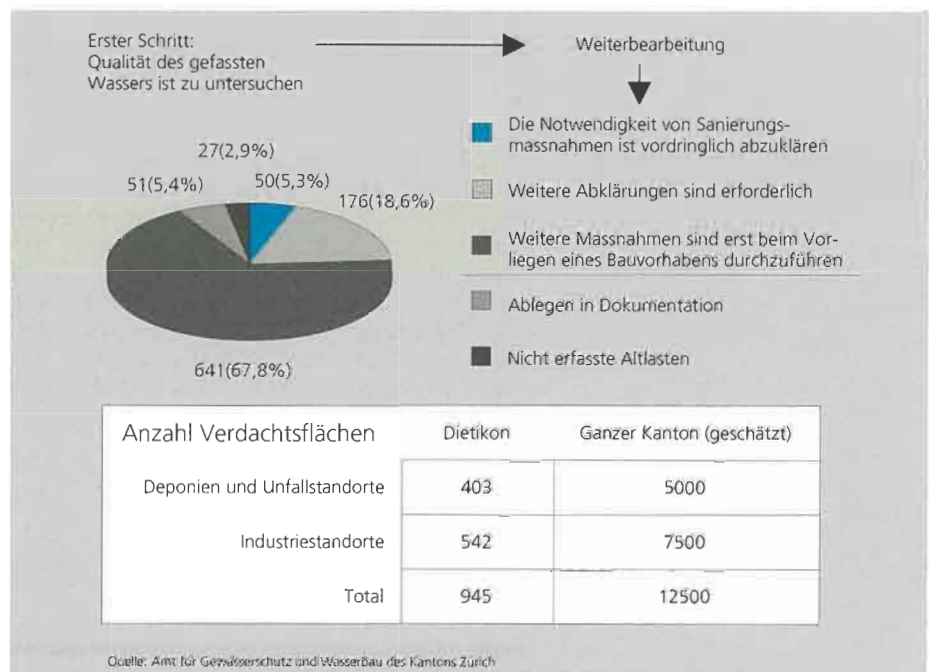


Abb. 92

Mechanische Einwirkungen

Die häufigsten Ursachen von Schäden an der Bodenstruktur sind mechanische Beeinträchtigungen durch intensive landwirt-

schaftliche Nutzung oder durch unsachgemässe Rekultivierung nach Bauvorhaben und Materialabbau.

Landwirtschaft

Das Befahren feuchten Bodens mit schweren Saat- oder Erntemaschinen wirkt sich negativ auf die Bodenstruktur aus. Es kommt zu einer Verschlammung der Feinpartikel. Auch die Ackerbestellung mit dem Pflug kann solche Strukturschäden in verschiedener Weise hervorrufen. Die Bearbeitung bereits geschädigter Böden zur Saatbeetbereitung führt zu sehr lockerem,

instabilem Gefüge, wodurch die Gefahr erhöht wird, dass durch Wind und Wasser feine Erde ausgetragen wird. Das Befahren dieser Böden führt aber auch zu Verdichtungen.

Im Lauf der letzten Jahrzehnte wurden immer mehr und immer schwerere Landmaschinen eingesetzt (vgl. Seite 41). Damit der Druck an der Bodenoberfläche nicht

Mechanische Einwirkungen

übermässig anstieg, wurden die Reifen verbreitert und die Aufstandsfläche vergrössert. Das höhere Gesamtgewicht führt allerdings dazu, dass sich der Druck bis in grössere Tiefen auswirkt. Der Boden wird so tief verdichtet, dass eine wirkungsvolle Lockerung nur noch mit speziellen Tiefenlockermaschinen möglich ist.

Das genaue Ausmass von Bodenverdichtungen im Kanton ist bis heute noch nicht bekannt. Die Resultate von aufwendig durchgeführten Untersuchungen der Bodenverdichtungen einer Parzelle sind nicht für grössere Regionen zutreffend, da diese stark von den örtlichen Bodenverhältnissen abhängen.

Baustellen und Materialabbau

Bauvorhaben, wie das Verlegen von Leitungen, der Bau von Strassen (Baupisten, Installationsplätze), Kies- und Materialabbau, das Abdecken für Deponieraum sowie Geländeauffüllungen zur verbesserten landwirtschaftlichen Nutzung, können bei unsach-

gemässer Ausführung ebenfalls zu Schäden an der Bodenstruktur führen. Bei derartigen Vorhaben ist es äusserst wichtig, dass sowohl der Abtrag der belebten Bodenschicht, die Zwischenlagerung und abschliessende Rekultivierung fachgerecht ausgeführt werden.

Massnahmen zur Vermeidung mechanischer Bodenschäden

Sowohl in der Landwirtschaft als auch für Erdarbeiten und Rekultivierungen gilt derselbe Grundsatz: Der Boden darf nur in trockenem, d.h. tragfähigem Zustand befahren und bearbeitet werden. Ausgewogene Fruchtfolgen dienen der Erhaltung eines tragfähigen Korngerüsts und eines günstigen Wasser- und Nährstoffhaushalts. Rekultivierungen sind mit flexiblen Arbeitsprogrammen, die Arbeitsunterbrüche bei

Regenperioden erlauben, zu planen. In den ersten Jahren nach einer Rekultivierung muss bei der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens auf das schwache Gefüge Rücksicht genommen werden. Mit den Mitte 1992 erlassenen kantonalen Richtlinien für die Durchführung von Rekultivierungen liegt eine Anleitung zu einer bodenschonenden Rekultivierungstechnik vor.

Für mehrere Schadstoffe sind die Grundgehalte im Boden grösser als bisher angenommen. Dadurch wird die Spanne bis zum Erreichen der Richtwerte geringer. Was an Schadstofffrachten zu den bereits vorhandenen Gehalten noch hinzukommen darf, muss neu überdacht werden. Dabei ist auch das Zusammenwirken verschiedener Elemente (Synergieeffekt) sowie deren Einfluss auf die Pflanzenverfügbarkeit zu berücksichtigen. Um Klarheit über die natürliche Grundbelastung von Nickel, Fluor und Chrom zu erhalten, müssen an stark belasteten Stellen auch Proben des Unterbodens analysiert werden. Bezüglich Fluor ist der Richtwert der VSBo grundsätzlich zu hinterfragen.

Problematisch hohe Belastungen wurden für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink registriert. Die sauren Bodenverhältnisse, welche sich in weiten Teilen des Zürcher Waldes finden, tragen dazu bei, dass diese Schwermetalle nicht im Boden zurückgehalten, sondern gelöst und dadurch von den Pflanzen aufgenommen werden können. Das kann zu Schäden führen. Solche Situationen treten bereits bei Gehalten weit unter den Richtwerten der VSBo auf. Eine weitere Reduktion des Schadstoffeintrages ist daher notwendig.

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit mit allen notwendigen biologischen, chemischen und physikalischen Vorgängen ist das langfristige Ziel des Bodenschutzes. Da Bodenschädigungen oft irreversibel sind und Boden weder grossflächig saniert, noch ersetzt werden kann, müssen übermässige Stoffeinträge in den Boden vorsorglich begrenzt werden, bevor irreparable Schäden sichtbar werden. Die heutige Bodenschutzpolitik führt dazu, dass die Richtwerte der Schadstoffe im Boden zwar nur langsam, aber langfristig dennoch erreicht werden. Dieses Konzept sollte aufgegeben und ein Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausstrag von Schadstoffen auf einem für den Boden verträglichen Niveau angestrebt werden.