

Vorwort



Peter C. Beyeler
Vorsteher Baudepartement

Liebe Leserinnen und Leser

«Die Umwelt geht uns alle an!» Diese Aussage ist in unserer Gesellschaft in den letzten Jahren eine Selbstverständlichkeit geworden. Nicht so verbreitet ist das Selbstverständnis für die Massnahmen, die zur nachhaltigen Entwicklung unserer Umwelt erforderlich sind. Der «Gesundheitszustand» – die Qualität – unserer Umwelt erfordert vorsorgliche und kurierende Massnahmen, sowohl bezüglich der Luft als auch des Bodens und des Wassers.

Die Abteilung für Umwelt des Baudepartementes möchte Sie mit dem vorliegenden Sonderheft über den Gesundheitszustand der Aargauer Böden informieren. Gesunde und fruchtbare Böden sind wichtig für Mensch, Tier und Umwelt. Dennoch nehmen viele den Boden und seinen Gesundheitszustand nicht wahr und unsere Abhängigkeit vom Boden ist uns kaum mehr bewusst. Woher auch? Nur wenige bestellen noch selbst ein Stück Boden. Unsere Nahrungsmittel beschaffen wir uns aus den Regalen der Einkaufsläden.

Dennoch stehen wir mit dem Element Boden in vielfältiger Weise in Beziehung. Bereits die griechischen Naturphilosophen haben die lebensaufbauende und -erhaltende Bedeutung des Bodens erkannt. Dieser gehört zusammen mit Feuer, Wasser und Luft zu den vier Urelementen, aus denen der ganze Kosmos erschaffen wurde und auf denen das Leben aufbaut. Die um 400 v. Chr. verfasste hippokratische Schrift «Luft, Wasser und Boden» beschreibt ausführlich, wie das Wohlergehen des Menschen von den Umweltbedingungen geprägt und beeinflusst wird. Die Qualität des Wassers, der Luft und des Bodens steht in enger Beziehung zum Gesundheitszustand des Menschen.

Seit über fünfzehn Jahren sind Massnahmen zum vorsorglichen Schutz des Bodens und zu dessen Erhaltung gesetzlich verankert. Vor mehr als zehn Jahren hat der Kanton Aargau erstmals Böden im ganzen Kantonsgebiet untersucht. Die Ergebnisse aus dem Kantonalen Bodenbeobachtungsnetz sind im Fachbericht KABO AG (1994) dargestellt und mit dem Kurzbericht «Bodenbeobachtung im Kanton Aargau» publiziert worden.

1996/97 wurden ausgewählte Böden ein zweites Mal analysiert mit dem Ziel, die Bodenbelastung und die Veränderungen im Sinne eines Frühwarnsystems zu erkennen und zu bewerten. Die Ergebnisse dieser zweiten Hauptuntersuchung sind detailliert im Fachbericht KABO AG (2001) dargestellt. Eine kurze, interessante Zusammenfassung vermitteln Ihnen die folgenden Seiten.

«Die Umwelt geht uns alle an!» Ich danke Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, für Ihr Interesse an unserer Umwelt und an dieser Sondernummer von «UMWELT AARGAU» über den Gesundheitszustand der Aargauer Böden.

Peter C. Beyeler
Vorsteher Baudepartement

Inhalt

Vorwort	1
Zusammenfassung	3
1. Der Boden – unsere Lebensgrundlage	4
2. Warum die Bodenbelastung untersuchen?	6
3. Untersuchungskonzept	8
3.1. Auswahl der Standorte	8
3.2. Beprobung	8
3.3. Was wird untersucht?	10
4. Sind die Böden 1996/97 mit Schadstoffen belastet?	12
4.1. Wie wird die Schadstoffbelastung beurteilt?	12
4.2. Wie hoch ist die Schadstoffbelastung der Aargauer Böden?	12
4.3. Gefährdungspotenziale bei den sauren Waldböden	15
5. Hat sich die Schadstoffbelastung nach fünf Jahren verändert?	17
5.1. Veränderung der Anzahl Standorte mit Richtwertüberschreitung	17
5.2. Veränderungen der Schadstoff-Totalgehalte	17
6. Ursachen von Schadstoffanreicherungen und Gehaltsveränderungen	20
6.1. Schadstoffquellen	20
6.2. Blei-Zunahmen bei einigen Mittelland-Waldstandorten	21
7. Schlussfolgerungen	23
7.1. Landwirtschaft	23
7.2. Waldstandorte im Jura	23
7.3. Waldstandorte im Mittelland	23
7.4. Empfehlungen für das Weiterführen des KABO	24
8. Ausblick	24
9. Literatur	25

Zusammenfassung

Bund und Kantone sind nach dem Umweltschutzgesetz (USG, 1983) und nach der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, 1998) verpflichtet, Erhebungen über die Bodenbelastung durchzuführen. Im Kanton Aargau sieht das Umweltschutzdekret von 1998 Massnahmen zur allgemeinen Beurteilung des Zustandes der Böden und zur Erkennung von Veränderungen bezüglich Bodenbelastungen vor.

KABO AG

Das bereits seit mehr als zehn Jahren bestehende Kantonale Bodenbeobachtungsnetz (KABO AG) gibt mit periodischen Zustandserhebungen Auskunft über Höhe und Veränderungen der Schadstoffbelastung der Aargauer Böden. Im Vordergrund steht zurzeit der chemisch-stoffliche Bodenschutz.

1991/92 wurden in einer ersten Hauptuntersuchung 76 Standorte, davon 53 Wald- und 23 Landwirtschaftsstandorte, beprobt und analysiert. 1996/97 wurde eine zweite Hauptuntersuchung vorgenommen. Dabei wurden 38 ausgewählte Standorte erneut analysiert: 22 Landwirtschafts- und 16 Waldstandorte. Die Ergebnisse sind im Fachbericht KABO AG 2001 detailliert dargestellt und in dieser Sondernummer von «UMWELT AARGAU» zusammenfassend wiedergegeben.

Bodenbelastung 1996/97

Knapp die Hälfte der untersuchten Standorte (17 von 38) weisen VBBo-Richtwertüberschreitungen auf. Damit wurden die Überschreitungen der ersten Hauptuntersuchung mehrheitlich bestätigt. Das bedeutet, dass die Fruchtbarkeit des Bodens an diesen Standorten langfristig nicht gewährleistet ist. Deshalb muss dem Schutz der Böden weiterhin hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bei 12 Standorten sind die Richtwertüberschreitungen natürlichen Ursprungs. Das heisst, die Verwitterung von schwermetallhaltigem Ausgangsgestein sowie tiefe pH-Werte des Bodens können ebenso zu Schadstoffanreicherungen führen wie Schadstoffeinträge über die Luft oder über landwirtschaftliche Hilfsstoffe. Prüf- und Sanierungswerte gemäss VBBo sind erwartungsgemäss nicht überschritten. Eine direkte Gefährdung von Menschen, Tieren und Pflanzen besteht an keinem Standort. Prüf- oder Sanierungswertüberschreitungen können jedoch bei speziellen Standorten wie beispielsweise in der unmittelbaren Nähe von stark befahrenen Strassen oder in Bereichen von Schiessanlagen auftreten. Im KABO sind keine Standorte vertreten, die solchen extremen Schadstoffeinträgen ausgesetzt sind.

Veränderung der Bodenbelastung nach fünf Jahren

Bei 15 der 38 untersuchten KABO-Standorte wurden nach fünf Jahren deutliche Veränderungen der Schadstoff-Totalgehalte in 0–20 cm Bodentiefe festgestellt: 6 betreffen Landwirtschafts- und 9 Waldstandorte. Bei den Landwirtschaftsstandorten sind mehrheitlich Abnahmen und bei den Waldstandorten hauptsächlich Zunahmen zu verzeichnen. Auffällig sind die Zunahmen der Blei-Totalgehalte bei den Mittelland-Waldstandorten in den Agglomerationen von Lenzburg, Oftringen, Suhr und Möriken–Wildeggen–Niederlenz. Die Höhe und die Veränderung der Schadstoffbelastung sowie deren räumliche Verteilung sind detaillierter abzuklären.

Zahlreiche Waldstandorte weisen weiterhin zum Teil stark saure Bodenverhältnisse und erhöhte lösliche Schadstoffgehalte auf. Massnahmen gegen die Bodenversauerung sind in Zusammenarbeit mit weiteren Stellen zu prüfen.

Bei der Diskussion der Schadstoffanreicherungen und -veränderungen einzelner Standorte wurden zwar mögliche Gründe eruiert, die Zuordnung zu einzelnen Ursachen ist jedoch sehr schwierig. Eine dritte Hauptuntersuchung ist notwendig, um die Aussagekraft der festgestellten Entwicklungstendenzen zu erhöhen und die Ursachen von negativen Entwicklungen besser einzugrenzen.

1. Der Boden - unsere Lebensgrundlage

Entstehung der Böden

Die Böden sind während Jahrtausenden durch die Verwitterung des Ausgangsgesteins und durch die Verrottung von abgestorbenen Pflanzen- und Tierresten entstanden. Mit der Bodenbildung haben sich typische Bodenschichten, so genannte Bodenhorizonte, gebildet.

Bodenaufbau



Oberboden (A-Horizont, Humusschicht)

5–30 cm mächtig, humushaltig, stark durchwurzelt, stark belebt, dunkelbraune bis schwarze Farbtöne, Erdgeruch. Hier reichern sich die meisten vom Menschen eingetragenen Schadstoffe an.

Unterboden (B-Horizont, Roterde, Stockerde)

Reicht bis in eine Tiefe von 120 cm; braune bis graubraune Farbtöne, durchwurzelt, belebt. Aus Ober- und Unterboden beziehen Pflanzen Wasser und Nährstoffe.

Untergrund (C-Horizont, unverwittertes Ausgangsmaterial)

Eher graue Farbtöne, kaum durchwurzelt, besteht aus unverwittertem Gestein (Kies, Fels).

Der Boden lebt

Gesunder Boden ist von unzähligen Bakterien, Pilzen, Algen, Milben, Spinnen, Würmern und Käfern belebt. Er ist ein lebendiger Organismus.

Definition und Funktionen des Bodens

Boden ist

- die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können;
- Lebensraum für Bodenlebewesen;
- Grundlage zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von erneuerbaren Rohstoffen;
- Filter für Schad- und Schmutzstoffe aus Luft und Sickerwasser und somit Voraussetzung für sauberes Trinkwasser;
- Regulator der natürlichen Kreisläufe von Stoffen, Wasser und Luft;
- am Ab-, Um- und Aufbau organischer Stoffe beteiligt.

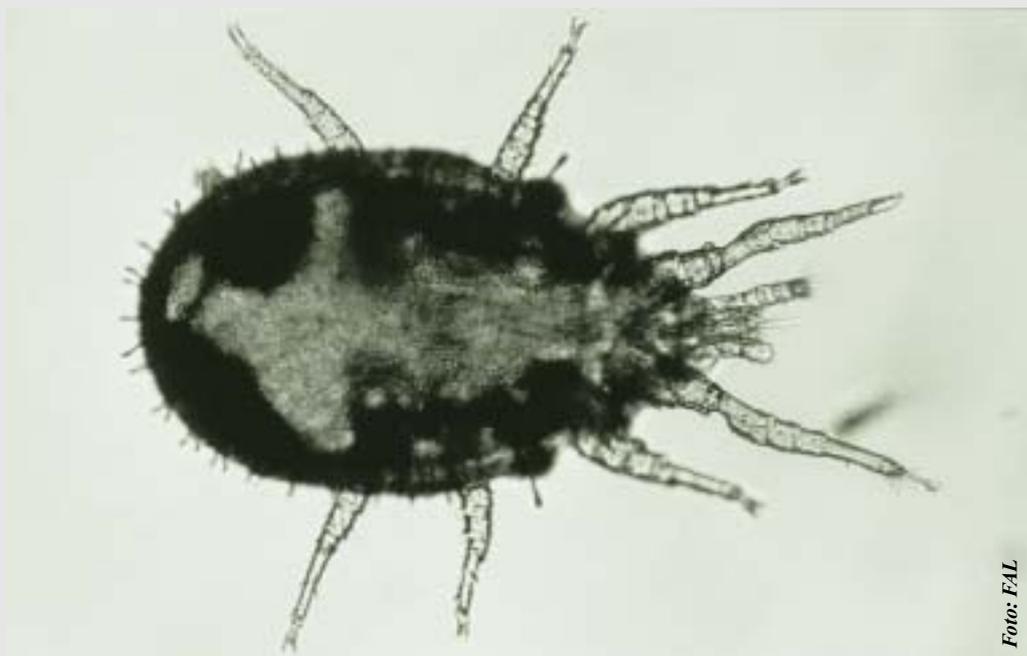


Foto: FAL

*In einem Kilogramm Boden leben mehr Organismen als Menschen auf der Erde.
Beispiel: Milbe, etwa 100× vergrößert.*

Ziel des Bodenschutzes

Gesunde, fruchtbare Böden dienen uns allen als unentbehrliche Lebensgrundlage. Das Ziel des vorsorglichen Bodenschutzes besteht darin, den Boden und seine Fruchtbarkeit langfristig zu erhalten.

Bodenfruchtbarkeit

Fruchtbare Böden

- ermöglichen eine artenreiche, biologisch aktive Tier- und Pflanzenwelt;
- haben eine für den Standort typische, nicht beeinträchtigte Bodenstruktur und eine ungestörte Fähigkeit, organische Stoffe abzubauen;
- erlauben ein ungestörtes Pflanzenwachstum;
- gewährleisten, dass die darauf wachsenden pflanzlichen Erzeugnisse für Mensch und Tier gesundheitlich verträglich und von guter Qualität sind;
- sind schadstoffarm und gefährden beim unbeabsichtigten Aufnehmen von Bodenmaterial weder Mensch noch Tier.

2. Warum die Bodenbelastung untersuchen?

Schadstoffeinträge

Seit Beginn des Industriezeitalters sind Luft, Wasser und Boden mit Schadstoffen verunreinigt worden. In landwirtschaftlich genutzte Böden werden beispielsweise Schwermetalle mit Hilfsstoffen wie Dünger, Abfalldünger und Pflanzenbehandlungsmitteln eingetragen. Entlang stark befahrener Strassen oder in der Umgebung von Industrieanlagen führen Schadstoffeinträge über die Luft zu Bodenbelastungen.



Der Boden ist verschiedensten Schadstoffquellen ausgesetzt.

Schadstoffe im Boden

Anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle sind biologisch nicht abbaubar und werden mehr oder weniger fest im Oberboden an Ton- und Humusteilchen gebunden. In sauren Böden werden bestimmte Schwermetalle gelöst und mit dem Bodenwasser in tiefere Bodenschichten verlagert oder durch Pflanzen aufgenommen. Auf diesem Weg gelangen Schadstoffe in die Nahrungskette und ins Grundwasser und können so die gesunde Entwicklung von Pflanzen, Tieren und Menschen beeinträchtigen.

Warum vorsorglicher Bodenschutz?

Wenn die Bodenbelastungen mit Schadstoffen zu gut sicht- und wahrnehmbaren Symptomen an Pflanzen führen, dann sind die Schäden bereits irreversibel. Stark belastete Böden können nicht gereinigt werden. Eine Sanierung von Böden ohne gleichzeitige Zerstörung ihrer Struktur und der Bodenlebewesen ist nicht möglich. Daher ist das vorsorgliche Handeln im Bodenschutz unerlässlich. Schutzmassnahmen müssen bereits dann ergriffen werden, wenn sich erhöhte Schadstoffgehalte abzeichnen.

Rechtliche Grundlagen

Bund und Kantone sind nach dem Umweltschutzgesetz (USG 1983, Art. 44) verpflichtet, Erhebungen über Umweltbelastungen durchzuführen. Im Kanton Aargau sieht das Umweltschutzdekret (USD, 1998, § 19) Massnahmen zur allgemeinen Beurteilung des Zustandes der Böden und zur Erkennung von Veränderungen bezüglich Bodenbelastungen vor.

Umweltschutzdekret § 19

- 1) Der Kanton betreibt ein Messnetz zur Überwachung der Bodenbelastung und führt an ausgewählten Standorten Untersuchungen über die Bodenbelastung durch. Er erhebt damit in regelmässigen Abständen
 - a) physikalische, chemische und biologische Eigenschaften des Bodens;
 - b) im Boden enthaltene Schadstoffe.
- 2) Der Kanton sorgt bei Bedarf für weitere Untersuchungen zur Bodenbelastung, z. B. über die Belastung aus der Luft oder die Belastung durch landwirtschaftliche Hilfsstoffe.

KABO AG

Das seit mehr als zehn Jahren bestehende Kantonale Bodenbeobachtungsnetz (KABO AG) gibt mit periodischen Zustandserhebungen Auskunft über Höhe und Veränderungen der Schadstoffbelastung der Aargauer Böden. Im Vordergrund steht zurzeit der chemisch-stoffliche Bodenschutz.

Weitere Gefährdungen des Bodens

Neben Schadstoffeinträgen kann der Boden auch durch andere Eingriffe des Menschen zerstört oder in seiner Fruchtbarkeit beeinträchtigt werden. Beim Erstellen von Anlagen und Bauten wird Boden verbraucht und irreversibel zerstört. Jede Sekunde wird beispielsweise in der Schweiz ein Quadratmeter verbaut. In 45 Jahren verschwinden somit Böden im Flächenausmass des Kantons Aargau. Auch Einwirkungen auf das Bodengefüge können die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen. Wenn beispielsweise Böden bei Regen mit schweren Maschinen befahren werden, wird die Bodenstruktur zerstört und der Boden verdichtet. Über die Luft eingetragene Säuren und Säurebildner beschleunigen die natürliche Bodenversauerung und vermindern dadurch die Bodenfruchtbarkeit ebenfalls.

Vollzug Bodenschutz im Kanton Aargau

Der Bodenschutz ist im Kanton Aargau in der Abteilung für Umwelt (AfU) angesiedelt. Die Aufgaben ergeben sich aus der Verordnung über Belastungen des Bodens. Neben der Beurteilung von Baugesuchen oder Umweltverträglichkeitsprüfungen gehören Beratung, Erarbeitung von Vollzugshilfen, Begleitung von Grossbaustellen, Überwachung von Bodensanierungen, Öffentlichkeitsarbeit usw. zu den Tätigkeiten der Fachstelle. Auch eigene Untersuchungen, wie beispielsweise das KABO, sind wichtige Bestandteile. Für Fragen zum Bodenschutz stehen die beiden folgenden Fachpersonen zur Verfügung:

Chemisch-stofflicher Bodenschutz: Thomas Muntwyler
062 835 33 97

Physikalischer Bodenschutz/Bodenbiologie: Françoise Okopnik
062 835 34 08

3. Untersuchungskonzept

3.1. Auswahl der Standorte

In der ersten Hauptuntersuchung von 1991/92 wurden 76 Standorte (53 Wald- und 23 Landwirtschaftsstandorte) beprobt und analysiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im Bericht KABO AG 1994 dokumentiert. 1996/97 wurde die zweite Hauptuntersuchung vorgenommen und im Fachbericht KABO AG 2001 detailliert dargestellt. Dabei wurden Flächenproben von 38 ausgewählten Standorten – 22 Landwirtschafts- und 16 Waldstandorten – erneut untersucht. Sämtliche Standorte können den Tabellen auf Seite 9 entnommen werden. Ihre Lage geht aus der Abbildung Seite 10 hervor.

Landwirtschaftsstandorte

In der zweiten Hauptuntersuchung wurden mit einer Ausnahme alle Landwirtschaftsstandorte der ersten Hauptuntersuchung erneut analysiert.

Waldstandorte

Aus dem Spektrum der 53 beprobten Waldstandorte wurden für die Analytik der zweiten Hauptuntersuchung 16 Standorte nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- die am stärksten belasteten Standorte
- unbelastete Standorte als Referenzstandorte
- unterschiedliche menschliche und natürliche Belastungsursachen
- Erfassung der wichtigsten Boden- und Landschaftstypen
- räumliche Verteilung über das ganze Kantonsgebiet

3.2. Beprobung

Eine Beprobungsfläche besteht aus einem Quadrat von 10 m Seitenlänge. Pro Fläche werden rasterförmig je 25 Bohrkerne entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Die Beprobungstiefe zur Beurteilung der Schadstoffbelastung beträgt 20 cm.



Entnahme der Bodenproben

Landwirtschaftsstandorte

Standort	Gemeinde	Ort/Flurname	Standort	Gemeinde	Ort/Flurname
100ob	Obermumpf	Hellikerberg	150sa	Safenwil	Williberg
101he	Hellikon	Ruech	151go	Gontenschwil	im Feld
103un	Unterendingen	Stölzli	152sc	Schafisheim	Staufenfeld
104me	Merenschwand	Sämpermatt	153su	Suhr	Breitenloo
105me	Merenschwand	Hagenauer Feld	154ro	Rohr	Schachen
106ue	Uezwil	Buechwald/Teufi	155el	Elfingen	Rütihof
120vo	Vorderwald	Unt. Benzligen	156bo	Bözen	Heidboden
121gr	Gränichen	Liebegg	157sc	Schinznach Dorf	Vogelsang
122ku	Küttigen	Brunnenberg	158me	Mettau	Schiltegg
123bi	Birmenstorf	Oberholz	159st	Stetten	Wildenau
124ab	Abtwil	Moos	160un	Unterlunkhofen	Aufeld

Sämtliche Landwirtschaftsstandorte wurden in der zweiten Hauptuntersuchung analysiert.

Waldstandorte

Standort	Gemeinde	Ort/Flurname	Standort	Gemeinde	Ort/Flurname
220ze	Zeiningen	Zeiniger Berg	253kall	Kaisten	Äsplen
221wi	Wittnau	Homberg	254zu	Zurzach	Neugrüt
222ob	Oberhof	Buech	255zu	Zurzach	Beckenmoos
223ze	Zeihen	Talmatt	256re	Rekingen	Uf der Nürren
224el	Elfingen	Marchwald	257ru	Rümikon	Belchenhof
225et	Etzgen	Farrüti	258ge	Gebenstorf	Anzflue
226vi	Villigen	Geissberg	259tull	Turgi	Wilerhalde
227kl	Klingnau	Acheberg/Ischlag	260ba	Baden	Baregg Ost
228ri	Rietheim	Laubberg	261ba	Baden	Baregg West
229sc	Schneisingen	Chuebodentobel	262mo	Möriken	Chestenberg
230ob	Obersiggenthal	Gländbode	263mo	Möriken	Birch
231re	Remetschwil	Grosshau	264ru	Rupperswil	Ob. Farschachen
232br	Bremgarten	Hinteri Mulden	265bu	Buchs	Nord, Suret
233mu	Muri	Maiholz	266su	Suhr	Franzosenbändel
234mu	Muri	Maiholz, Pflanzgarten	267su	Suhr	Süd Eichwald
235vi	Villmergen	Oberhau	268su	Suhr	Wineruus
236du	Dürrenäsch	Chräjeloch	269le	Lenzburg	Lind
237eg	Egliswil	Gemeindewald Leutsch	270le	Lenzburg	Lind
238gr	Gränichen	Moorberg	271le	Lenzburg	Lind
239ob	Oberentfelden	Tann	272of	Oftringen	Langeren
240zo	Zofingen	Leimlöcher/Höchweid	273of	Oftringen	Münzenbuel
241ro	Rothrist	Hurtmenwäldli	274of	Oftringen	Eichenschlag
242mu	Murgenthal	Wissacher	276aa	Aarau	Telli/Summergrien
243er	Erlinsbach	Buech	277rh	Rheinfelden	Berg
250ei	Eiken	Hard	278rh	Rheinfelden	Pfärichgraben
251ka	Kaisten	Staatswald Hard	279aa	Aarau	Hasenberg/ Oberholz
252ka	Kaisten	Barüti			

Hervorgehoben sind die in der zweiten Hauptuntersuchung analysierten Standorte.

Schadstoffe

Blei

Blei ist kein essenzielles Schwermetall. Vor allem bei Menschen und Tieren wirkt es bereits in geringen Konzentrationen giftig.

Cadmium

Cadmium ist nach heutigem Kenntnisstand nicht lebensnotwendig und schädigt bereits in geringen Konzentrationen Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen.

Kupfer

Kupfer ist in kleinen Mengen für Lebewesen erforderlich. Bei hohen Gehalten im Boden hemmt es das Pflanzenwachstum und kann das Wurzelsystem schädigen. Für viele Bakterien und Viren ist Kupfer nach Cadmium und Zink das giftigste Metall.

Zink

Zink ist für Menschen, Tiere und Pflanzen lebensnotwendig. Im Boden angereichertes Zink stört aber das Pflanzenwachstum und beeinträchtigt die Qualität landwirtschaftlicher Produkte.



Foto: Mijo Joritic

Labor zur Analyse von Bodenproben

Totalgehalte der Schadstoffe

Im Labor werden zwei unterschiedliche Formen dieser Schadstoffe analysiert. Mit einem starken Lösungsmittel werden die so genannten Totalgehalte aus dem Boden gelöst und gemessen. Der Totalgehalt dient zur Beurteilung der Gesamtbelastung und der zeitlichen Veränderungen der Schadstoffgehalte.

Lösliche Gehalte der Schadstoffe

Mit einem eher schwachen Lösungsmittel werden die löslichen Anteile der Schadstoffe gemessen. Diese können mit dem Bodenwasser in die Tiefe, ins Grundwasser verlagert oder durch die Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Damit sind sie für die Beurteilung der unmittelbaren Gefährdung von Bedeutung.

Bodenkennwerte

Als Bodenkennwerte werden der Kalkgehalt, der Säuregrad (pH-Wert), das Nährstoffspeichervermögen und die Zusammensetzung des Bodens nach Korngrößen (Sand, Schluff und Ton) gemessen. Je tiefer zum Beispiel der pH-Wert, also je saurer der Boden ist, desto grösser ist der lösliche Anteil der Schadstoffe.

4. Sind die Böden 1996/97 mit Schadstoffen belastet?

4.1. Wie wird die Schadstoffbelastung beurteilt?

Bund und Kantone beurteilen die Bodenbelastung anhand von Richt-, Prüf- und Sanierungswerten, die im Umweltschutzgesetz (USG, 1983) und in der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö, 1998) definiert und festgelegt sind.

USG, VBBö

Richtwert

Die Richtwerte geben die Belastung an, bei deren Überschreitung die Fruchtbarkeit des Bodens langfristig nicht mehr gewährleistet ist. Eine unmittelbare Gefährdung von Mensch und Umwelt besteht nicht. Wenn der Richtwert überschritten ist oder wenn die Bodenbelastung deutlich ansteigt, dann ergreifen die Kantone Massnahmen, um die Belastungsquellen zu stoppen.

Prüfwert

Ist der Prüfwert überschritten, muss abgeklärt werden, ob die Belastung eine konkrete Gefährdung für Menschen, Tiere und Pflanzen darstellt. Bei konkreter Gefährdung schränken die Behörden die Nutzung des Bodens ein.

Sanierungswert

Bei einer Überschreitung des Sanierungswertes ist eine konkrete Gefährdungssituation gegeben. Die Kantone verbieten die davon betroffenen Nutzungen.

Prüfwert- oder Sanierungswertüberschreitungen können bei speziellen Standorten wie beispielsweise in der unmittelbaren Nähe von stark befahrenen Strassen oder in Bereichen von Schiessanlagen auftreten. Im KABO sind keine Standorte, die solchen extremen Schadstoffeinträgen ausgesetzt sind, vertreten. Es werden deshalb keine Überschreitungen von Prüf- oder Sanierungswerten erwartet. Würden solche Überschreitungen auftreten, müsste dringend gehandelt werden.

4.2. Wie hoch ist die Schadstoffbelastung der Aargauer Böden?

In der Tabelle auf Seite 13 sind die Gehalte an Schwermetallen und Fluor der untersuchten Standorte dargestellt. Mit Grau sind jene Schadstoffgehalte markiert, die über dem Richtwert liegen.

Die Standorte sind in die Nutzungskategorien Landwirtschaft und Wald unterteilt. Die weitere Unterteilung erfolgt grob nach den Regionen Jura und Mittelland sowie nach geologischen und bodenkundlichen Kriterien.

Messwerte der Beprobung 1996/97

Standort	Säuregrad		Totalgehalte [mg/kg]								Lösliche Gehalte [mg/kg]				
	pH (CaCl ₂)	Stufe	Blei	Cad-mium	Chrom	Kupfer	Nickel	Zink	Queck-silber	Fluor	Blei	Kupfer	Cad-mium	Nickel	Zink
Landwirtschaft															
Jura-Standorte:															
Obermumpf (100ob)	7,3	0	32	0,6		20		71		614		0,10	0,001		0,05
Hellikon (101he)	7,3	0	30	0,5		25		54			0,03	0,10	0,001		0,05
Küttigen (122ku)	6,8	0	26	0,6		9		64		780		0,06	0,001		0,05
Elfingen (155el)	6,9	0	18	0,5		25		97		830		0,16	0,001		0,05
Bözen (156bo)	7,1	0	18	0,3		16		43				0,12	0,001		0,05
Schinznach Dorf (157sc)	7,0	0	34	0,4		241		111				0,64	0,001		0,05
Mettau (158me)	6,9	0	30	0,4		17		66		686	0,03	0,05	0,001		0,05
Mittelland-Standorte:															
Jüngere															
Flussablagerungen															
Merenschwand (104me)	6,7	0	26	0,4		23		84		624		0,08	0,001		0,05
Merenschwand (105me)	6,9	0	23	0,3		20		72				0,09	0,001		0,05
Safenwil (150sa)	6,3	1	39	0,3		20		69				0,09	0,001		0,05
Gontenschwil (151go)	6,0	2	20	0,3		24		57				0,10	0,001		0,05
Rohr (154ro)	7,2	0	23	0,3		20		60				0,13	0,001		0,05
Steffen (159st)	7,3	0	40	1,1		31		97	0,2			0,18	0,001		0,05
Unterlunkhofen (160un)	7,2	0	40	0,8		29		121	0,4			0,18	0,001		0,05
Mittelland-Standorte:															
Moränen, Molassen, Schotter															
Unterendingen (103un)	5,4	2	17	0,2		12		42				0,05	0,003		0,05
Uezwil (106ue)	6,5	1	20	0,2		18		61				0,06	0,001		0,05
Vordemwald (120vo)	5,6	2	19	0,2		12		49				0,05	0,001		0,05
Gränichen (121gr)	5,7	2	14	0,1		10		42				0,07	0,002		0,05
Birmenstorf (123bi)	5,8	2	20	0,2		12		43				0,06	0,002		0,09
Schafisheim (152sc)	6,0	2	18	0,1		11		35				0,06	0,001		0,05
Suhr (153su)	6,4	1	24	0,2		18		54				0,09	0,001		0,05
Organischer Boden															
Abtwil (124ab) ²⁾	6,3	1	41	0,7		39		57	0,2			0,07	0,001		0,05
Wald															
Jura-Standorte:															
Wittnau (221wi)	6,2	1	50	0,6	67		21	54		688			0,001	0,03	0,05
Oberhof (222ob)	6,6	1	52	0,9	36		33	83		1300			0,002	0,03	0,18
Elfingen (224el)	6,6	1	31	0,6	29		22	68					0,001	0,03	0,15
Villigen (226vi)	5,5	2	35	1,4	34		22	75					0,011	0,03	0,49
Mittelland-Standorte:															
Moränen, Molassen, Schotter															
Egliswil (237eg)	3,5	4	24	0,0			11	27					0,008	0,24	0,87
Oberentfelden (239ob)	3,6	4	20	0,1			11	31					0,014	0,23	1,43
Zofingen (240zo)	3,7	4	28	0,1			11	34					0,015	0,18	1,05
Zürzach (255zu)	4,5	3	28	0,2			16	55	0,3				0,012	0,19	0,31
Rümikon (257ru)	3,6	4	29	0,1			10	27					0,010	0,14	0,98
Gebenstorf (258ge)	5,3	2	21	0,2			8	33	0,1				0,007	0,03	0,28
Turgi (259tull)	4,2	4	25	0,2			18	53		363			0,029	0,15	0,92
Möriken (263mo)	4,2	4	29	0,2			17	47					0,017	0,07	1,02
Suhr (268su)	3,8	4	34	0,2			13	37	0,1				0,045	0,12	2,00
Lenzburg (269le)	3,7	4	70	0,2			13	43					0,024	0,18	2,84
Oftringen (273of)	3,4	4	67	0,1			12	33	0,2		0,89		0,014	0,17	1,50
Forst-Pflanzgarten															
Muri (234mu)	7,0	0	42	0,4		37	12	100					0,001	0,03	0,05
VBBö-Richtwert (RW)			50	0,8	50	40	50	150	0,5	700	¹⁾	0,70	0,020	0,20	0,50
Anzahl RW-Überschreitungen			4	4	1	1	0	0	0	3		0	3	2	9

pH-Stufen:

- 0 alkalisch
- 1 neutral
- 2 schwach sauer
- 3 sauer
- 4 stark sauer

Belastung:

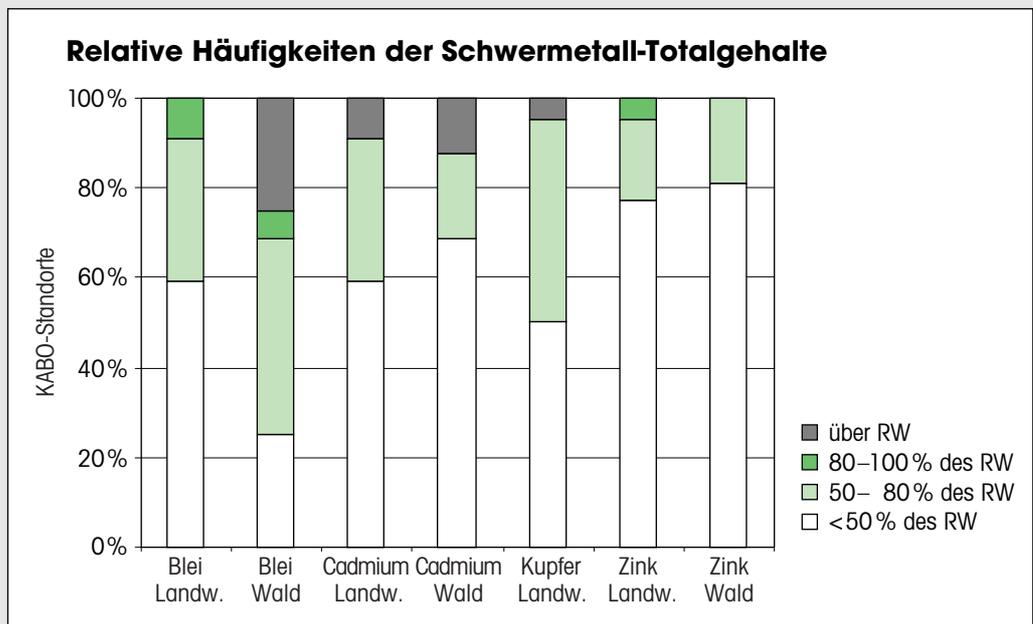
- Richtwert (RW) überschritten (deutlich erhöht)
- Gehalte 80–100 % des RW (mässig erhöht)
- Gehalte 50– 80 % des RW (leicht erhöht)

¹⁾ alter, nicht mehr gültiger Richtwert: 1,0 mg/kg

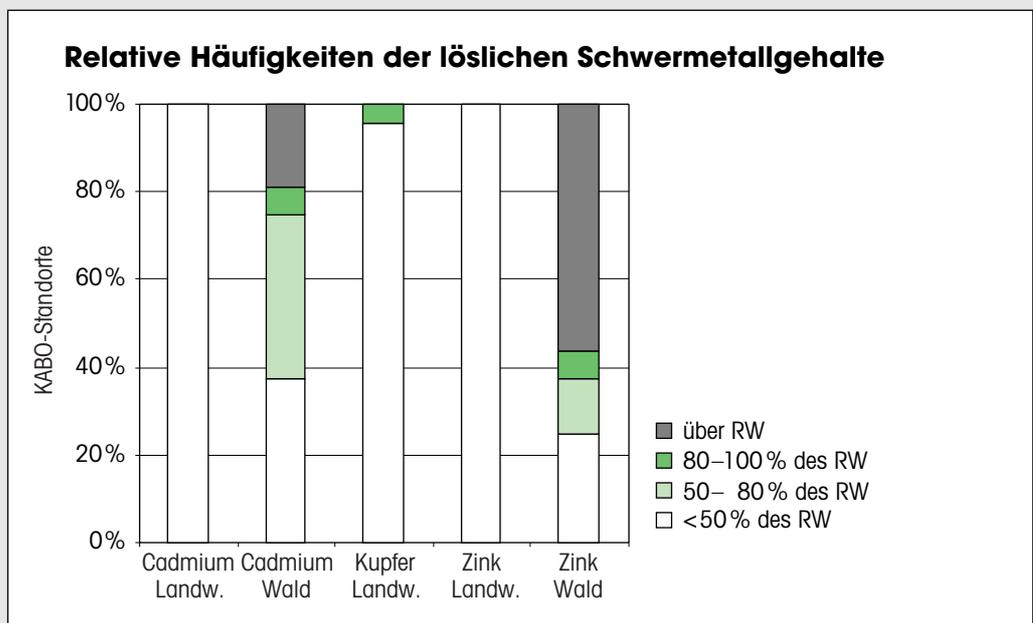
²⁾ organischer Boden; Richtwerte nicht direkt vergleichbar

An 17 der 38 untersuchten Standorte liegen Richtwertüberschreitungen vor. Das heisst, die Fruchtbarkeit des Bodens ist an diesen Orten langfristig nicht mehr gewährleistet. Daher muss der vorsorgende Schutz der Böden vor Schadstoffen weitergeführt werden. Erwartungsgemäss wurden an keinem Standort Prüf- oder Sanierungswerte gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) überschritten. Eine direkte Gefährdung von Menschen, Tieren und Pflanzen kann ausgeschlossen werden.

In den folgenden Diagrammen sind die Schadstoffgehalte der einzelnen Elemente (lösliche und Totalgehalte) in Bezug zum Richtwert klassiert. Pro Element und Nutzungskategorie (Landwirtschaft und Wald) ist die relative Häufigkeit der Anzahl Standorte, die den einzelnen Klassen zugeordnet werden können, dargestellt. Bei den Totalgehalten (oben) fällt auf, dass über 20% der Waldstandorte Richtwertüberschreitungen bei Blei aufweisen. Bei den löslichen Gehalten (unten) überschreiten bei Zink über 50% der Standorte und bei Cadmium 20% den Richtwert.



Aufteilung der 38 KABO-Standorte nach Gehaltsklassen in Relation zu den Richtwerten (RW); Beprobung 1996/97



Aufteilung der 38 KABO-Standorte nach Gehaltsklassen in Relation zu den Richtwerten (RW); Beprobung 1996/97

4.3. Gefährdungspotenziale bei den sauren Waldböden

Der hohe Anteil der Richtwertüberschreitungen bei den löslichen Gehalten ist auf die sauren Bodenbedingungen zurückzuführen. Je tiefer der pH-Wert, das heisst je saurer der Boden ist, desto höher ist der Anteil der löslichen Schadstoffgehalte.

Natürliche Bodenversauerung

Natürliche Bodenprozesse lassen Böden im Verlauf von Jahrhunderten und Jahrtausenden versauern. Beim Abbau von pflanzlichen Rückständen werden Säuren gebildet. Besonders bei der Zersetzung von Nadeln und Blättern einiger Laubbäume ist die Produktion organischer Säuren erhöht. Basische Stoffe, zum Beispiel Kalk, die bei der Verwitterung von Gesteinen und bei der Bodenbildung freigelegt werden, können diese Säuren neutralisieren. Gleichzeitig wird durch unser feuchtes Klima ein grosser Anteil solcher basisch wirkenden Stoffe mit dem Sickerwasser aus dem Boden ausgewaschen. Die im Boden zurückbleibenden und nicht neutralisierten Säuren lassen den Boden auf natürliche Art versauern.

Landwirtschaftsböden sind meistens weniger sauer als Waldböden. Dies steht in direktem Zusammenhang mit der Bewirtschaftung. Da saure Böden für das optimale Wachstum der Nutzpflanzen hinderlich sind, werden basisch wirkende Dünger und Kalk zur Erhöhung der pH-Werte eingesetzt.

Vom Menschen verursachte Bodenversauerung

Durch saure Niederschläge, die vorwiegend auf Luftverunreinigungen durch Schwefeldioxid und Stickoxide zurückzuführen sind, wird die natürliche Bodenversauerung beschleunigt. Dank grosser Anstrengungen bei der Luftreinhaltung konnte im Kanton Aargau die Schwefeldioxid-Belastung in den letzten Jahren wesentlich reduziert werden. In ländlichen Gebieten trifft dies auch für Stickoxide zu. Hingegen sind an verkehrsreichen Standorten, wie zum Beispiel Windisch, Lenzburg, Aarau und Aargau, die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung für Stickstoffdioxid (NO₂) noch deutlich überschritten (Kanton Aargau, 2000).

Gefährdungspotenzial der löslichen Schwermetallgehalte

Die umweltgefährdende Wirkung der Schwermetalle ist eng mit deren Löslichkeit verbunden. Gut lösliche Schadstoffe werden leichter ins Grundwasser verlagert oder durch die Pflanzen aufgenommen. Mit zunehmender Versauerung des Bodens nehmen die löslichen Gehalte und damit auch die umweltgefährdende Wirkung der Schwermetalle zu.

Gefährdungspotenzial der Aluminium-Toxizität

Bei stark sauren Bodenverhältnissen (pH-Wert unter 4,2), wie sie bei den meisten Mittelland-Waldstandorten nachgewiesen wurden, geht Aluminium in eine lösliche Form über. Dadurch werden toxische Wirkungen auf die Wurzeln der Waldbäume, insbesondere auf die Feinwurzeln, möglich. In Untersuchungen des Institutes für Angewandte Pflanzenbiologie (IAP, 1999) wurden solche Schädigungen nachgewiesen. Als Folge der ungenügenden Durchwurzelung des Bodens werden die Bäume gegenüber Trockenheit und Windwurf anfällig.

Weitere Folgen von sauren Böden

Bei pH-Werten unter 3,5 bis 4 sind in der Regel kaum noch Regenwürmer in Waldböden zu finden. Bakterien, die von allen Mikroorganismen die höchsten Abbauleistungen im Boden erbringen, sind kaum noch aktiv. Saure Böden sind zudem meist arm an pflanzenverfügbaren Nährstoffen wie Kalzium, Kalium und Magnesium. Dies rührt daher, dass auch diese Elemente – wie einige Schwermetalle – bei sauren Bedingungen gelöst und in die Tiefe verlagert werden.

Gefährdungspotenzial saurer Böden

Aufgrund der Bodenversauerung an Mittelland-Waldstandorten ist mit beeinträchtigten Bodenfunktionen zu rechnen. Dies gilt besonders für diejenigen sauren Böden, welche zusätzlich Schadstoffbelastungen ausgesetzt sind. Die atmosphärisch eingebrachten Schadstoffe liegen hier in hohem Grade in löslicher Form vor. Damit können sie von Pflanzen aufgenommen oder ins Grundwasser verlagert werden.



Bodenversauerung und Wurzelwachstum

Rechts: Jungbuche mit degeneriertem Wurzelwerk auf saurem Standort. Ein Feinwurzelfilz wird nur in der obersten, humus- und basenreichen Bodenschicht ausgebildet.

Links: Jungbuche mit gut ausgebildetem Feinwurzelwerk auf einem basenreichen Standort.

5. Hat sich die Schadstoffbelastung nach fünf Jahren verändert?

5.1. Veränderung der Anzahl Standorte mit Richtwertüberschreitung

Bei den Totalgehalten wurden sowohl 1991/92 als auch 1996/97 an je zehn Standorten Richtwertüberschreitungen festgestellt. Bei neun Standorten haben sich 1996/97 die Richtwertüberschreitungen von 1991/92 bestätigt. Bei einem Standort kam neu eine Richtwertüberschreitung hinzu.

Bei der zweiten Hauptuntersuchung wurden die Richtwertüberschreitungen der ersten Hauptuntersuchung im Wesentlichen bestätigt.

5.2. Veränderungen der Schadstoff-Totalgehalte

Die Tabelle auf Seite 18 zeigt die absoluten Gehaltsänderungen zwischen der ersten und der zweiten Hauptuntersuchung. Die Veränderungen der Schadstoff-Totalgehalte wurden statistisch untersucht. Liegt sowohl eine signifikante als auch eine umweltrelevante Veränderung vor, wird von einer deutlichen Veränderung gesprochen. Deutliche Veränderungen sind markiert.

Veränderung der Schadstoffbelastung nach fünf Jahren

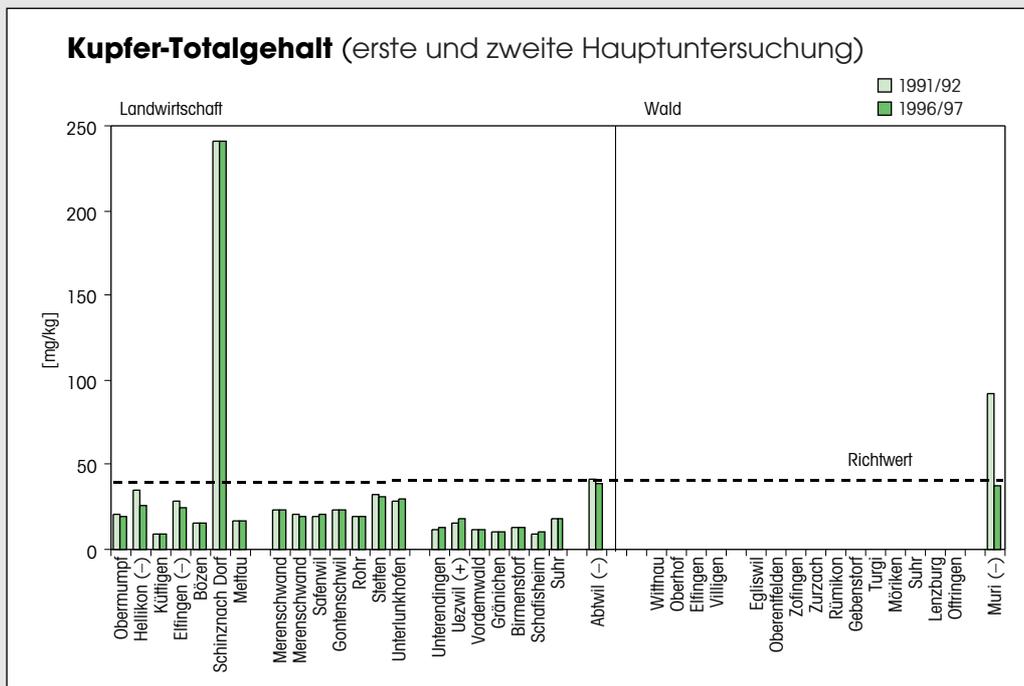
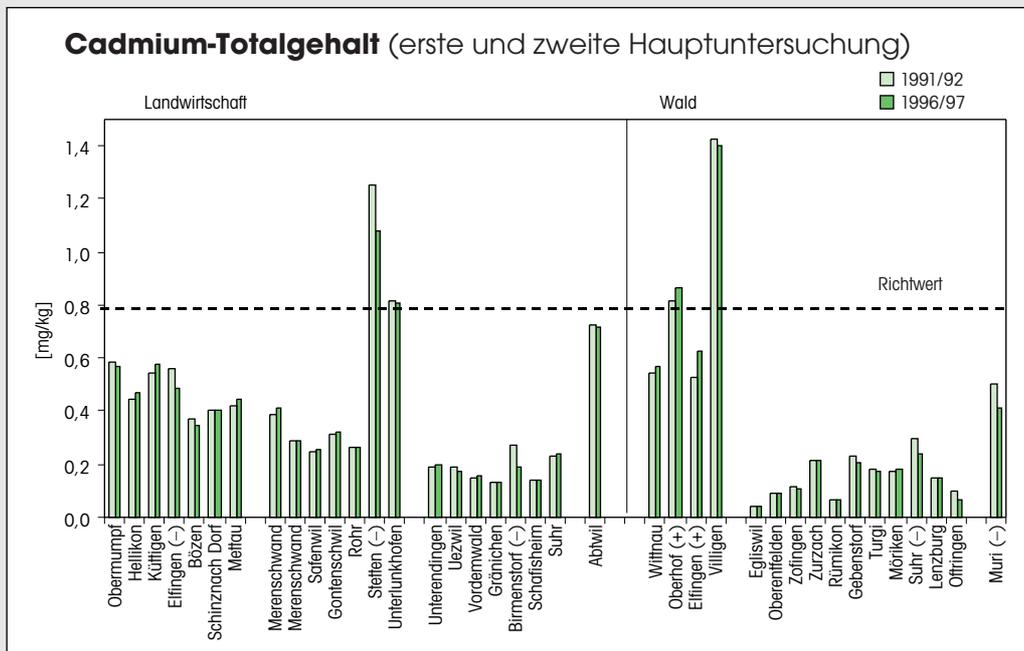
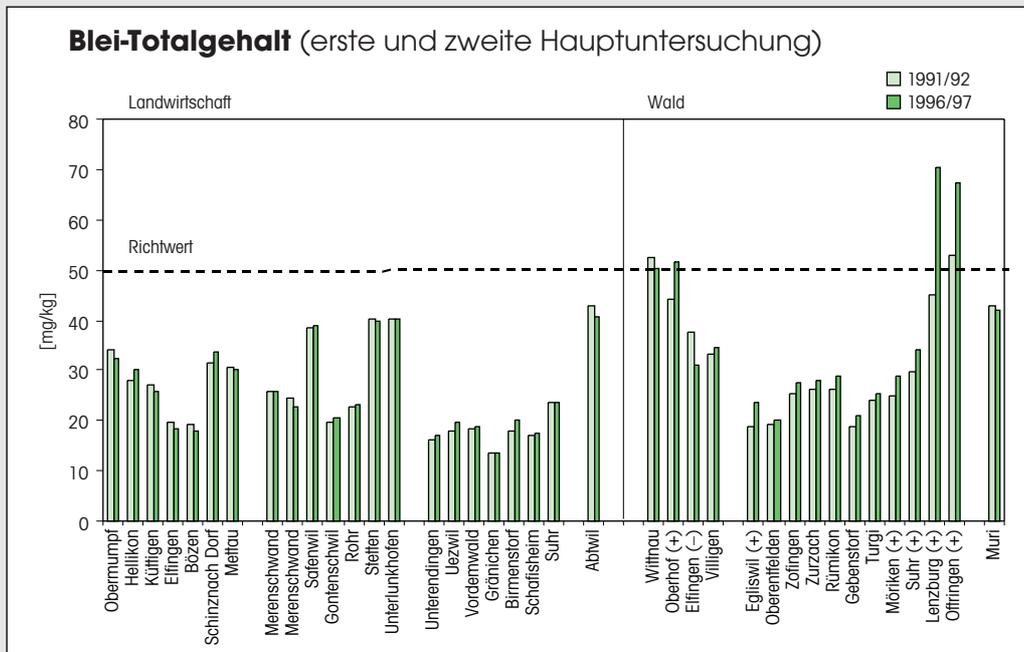
Bei 15 der untersuchten KABO-Standorte wurden nach fünf Jahren deutliche Veränderungen der Schadstoff-Totalgehalte festgestellt. 6 Veränderungen betreffen Landwirtschafts- und 9 Waldstandorte. Bei den Landwirtschaftsstandorten sind mehrheitlich Abnahmen der Schadstoffgehalte und bei den Waldstandorten hauptsächlich Zunahmen zu verzeichnen.

In den Diagrammen auf Seite 19 und 20 sind die Totalgehalte der vier Elemente Blei, Cadmium, Kupfer und Zink grafisch dargestellt (erste und zweite Hauptuntersuchung). Deutliche Veränderungen sind mit (+) beziehungsweise mit (-) versehen. Bezüglich Veränderungen fallen vor allem die Blei-Zunahmen bei den Waldstandorten auf. Diese Zunahmen werden im nächsten Kapitel diskutiert. Die Diagramme geben auch einen optischen Überblick über die vorkommenden Richtwertüberschreitungen. Mehrere Richtwertüberschreitungen kommen beim Element Blei (Waldstandorte) und Cadmium (Landwirtschafts- und Waldstandorte) vor. Beim Kupfer fällt vor allem der hohe Gehalt beim Standort Schinznach Dorf auf, der als Rebberg genutzt wird. Die Ursache liegt im Einsatz von kupferhaltigen Pflanzenbehandlungsmitteln. Für Rebberge sind hohe Kupfergehalte typisch. Bei Nutzungsänderungen solcher Standorte ist diesem Umstand besonders Rechnung zu tragen.

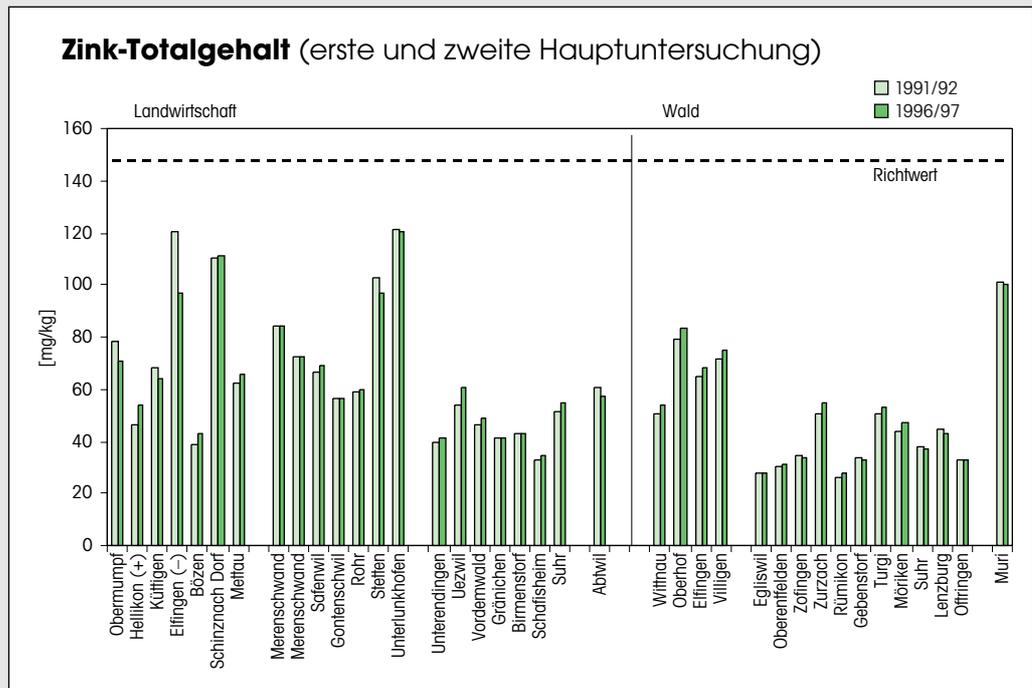
Veränderungen der Schadstoffgehalte zwischen den Beprobungen 1991/92 und 1996/97

Standort	Totalgehalte [mg/kg]							
	Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Zink	Quecksilber	Fluor
Landwirtschaft								
Jura-Standorte:								
Obermumpf (100ob)	-2,0	-0,02		-0,7		-7,2		-6
Hellikon (101he)	2,4	0,03		-9,5		7,7		
Küttigen (122ku)	-1,1	0,04		-0,2		-3,8		30
Elfingen (155el)	-1,5	-0,07		-3,9		-23,3		4
Bözen (156bo)	-1,2	-0,03		0,1		4,2		
Schinznach Dorf (157sc)	2,0	0,00		-0,6		1,0		
Mettau (158me)	-0,6	0,03		0,5		3,3		2
Mittelland-Standorte:								
Jüngere Flussablagerungen								
Merenschwand (104me)	-0,2	0,03		-0,5		0,4		24
Merenschwand (105me)	-1,7	0,00		-0,9		-0,3		
Safenwil (150sa)	0,5	0,01		0,5		2,4		
Gontenschwil (151go)	0,8	0,01		0,1		0,4		
Rohr (154ro)	0,4	0,00		0,6		1,2		
Steffen (159st)	-0,5	-0,17		-1,6		-5,8	-0,02	
Unterkunkhofen (160un)	0,2	0,00		0,3		-0,2	-0,02	
Mittelland-Standorte:								
Moränen, Molassen, Schotter								
Unterendingen (103un)	0,9	0,01		0,8		2,2		
Uezwil (106ue)	1,9	-0,02		3,1		7,2		
Vordemwald (120vo)	0,4	0,01		0,3		2,8		
Gränichen (121gr)	-0,1	0,00		-0,2		0,3		
Birmenstorf (123bi)	2,2	-0,08		0,0		0,6		
Schafisheim (152sc)	0,3	0,00		1,4		1,6		
Suhr (153su)	0,0	0,01		0,2		2,7		
Organischer Boden								
Abtwil (124ab)	-2,5	-0,01		-2,4		-3,6	-0,02	
Wald								
Jura-Standorte:								
Wittnau (221wi)	-2,2	0,03	1,8		1,6	3,8		8
Oberhof (222ob)	7,7	0,05	1,0		2,7	3,9		-12
Elfingen (224el)	-6,5	0,10	-0,2		0,8	3,3		
Villigen (226vi)	1,5	-0,03	0,0		0,7	3,6		
Mittelland-Standorte:								
Moränen, Molassen, Schotter								
Egliswil (237eg)	4,9	0,00			0,1	-0,3		
Oberentfelden (239ob)	0,8	0,00			0,7	1,0		
Zofingen (240zo)	2,1	-0,01			0,0	-0,5		
Zurzach (255zu)	1,7	0,00			1,1	4,2	0,03	
Rümikon (257ru)	2,5	0,00			0,3	1,6		
Gebenstorf (258ge)	2,1	-0,03			0,2	-1,0	0,00	
Turgi (259tull)	1,3	-0,01			1,1	2,6		4
Möriken (263mo)	3,9	0,00			1,1	4,0		
Suhr (268su)	4,3	-0,06			0,6	-0,8	0,01	
Lenzburg (269le)	25,3	0,00			0,0	-1,5		
Oftringen (273of)	14,2	-0,03			0,5	-0,3	0,02	
Forst-Pflanzgarten								
Muri (234mu)	-1,0	-0,09		-55,3	0,7	-0,9		

 Deutliche Zunahme (statistisch gesichert)
 Deutliche Abnahme (statistisch gesichert)
44 fett: VBBo-Richtwert bei Beprobung 1996/97 überschritten



(+) deutliche, statistisch gesicherte Zunahme, (-) deutliche Abnahme



(+) deutliche, statistisch gesicherte Zunahme, (-) deutliche Abnahme

6. Ursachen von Schadstoffanreicherungen und Gehaltsveränderungen

6.1. Schadstoffquellen

Schadstoffanreicherungen können natürlichen oder menschlichen Ursprungs sein. Die Tabelle gegenüber zeigt schematisch, welche Anteile der Schadstoffanreicherungen der einzelnen Elemente auf menschliche und welche auf natürliche Herkunft zurückzuführen sind.

Natürliche Anreicherungen

Natürliche Anreicherungen entstehen bei Verwitterung von Gesteinen und in Rückständen bei der Kalkauswaschung aus dem Boden. Besonders bei Böden, die sich aus kalkhaltigem Gestein des Juras gebildet haben, können erhebliche Schadstoffanreicherungen natürlichen Ursprungs vorliegen. Bodenschutzmassnahmen sind darauf auszurichten, dass die Böden nicht versauern und die Schadstoffe somit nicht in Lösung übergehen.

Direkte stoffliche Einträge

Direkte Einträge erfolgen vorwiegend über landwirtschaftliche Hilfsstoffe. Darunter werden Dünger, beispielsweise Hof-, Abfall- und Mineraldünger, sowie Pflanzenbehandlungsmittel verstanden. Diese direkten Schadstoffeinträge sind durch geeignete Massnahmen zu vermindern.

Atmosphärische Stoffeinträge

Schadstoffe gelangen auch über Luftverunreinigungen in den Boden. Motorfahrzeuge, Kehr- richtverbrennungsanlagen, Produktionsanlagen und andere mehr können Schadstoffe in die Luft abgeben. Diese werden, je nach Lage und lufthygienischen Verhältnissen, in näherer Umgebung deponiert oder weiträumig verfrachtet.

Quellen der Schadstoffanreicherungen in 0-20 cm Bodentiefe (Belastungsmuster)

Belastungsquelle:	Eintrag durch den Menschen		Natürliche Anreicherung (durch Gesteinsverwitterung und Bodenbildung bedingt)		
Herkunft:	Direkter Stoffeintrag	Atmosphärischer Stoffeintrag	Kalkhaltige Gesteine	Flussablagerungen	Moränen, Schotter, Molasse
Region:	Jura und Mittelland		Jura	Mittelland	
Blei	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Cadmium	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Kupfer	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Zink	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Quecksilber	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Nickel	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Chrom	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil
Fluor	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil	grüner Anteil

kein Anteil an Schadstoffanreicherung
 geringer Anteil
 mittlerer Anteil
 überwiegender Anteil

Schadstoffabnahmen

Anorganische Schadstoffe werden im Boden nicht abgebaut. Dennoch ist eine Abnahme des Schadstoffgehaltes in der obersten Bodenschicht möglich: Stoffe können gelöst und in tiefere Schichten verlagert werden. Nutzpflanzen nehmen Schadstoffe auf. Schadstoffreicherer Oberboden wird mit schadstoffärmerem Unterboden vermischt. Diese Vermischung ist einerseits auf die Tätigkeit von Regenwürmern zurückzuführen. Andererseits kann auch eine gegenüber früheren Jahren tiefere landwirtschaftliche Bodenbearbeitung, beispielsweise durch tieferes Pflügen, zu einem Verdünnungseffekt beitragen.

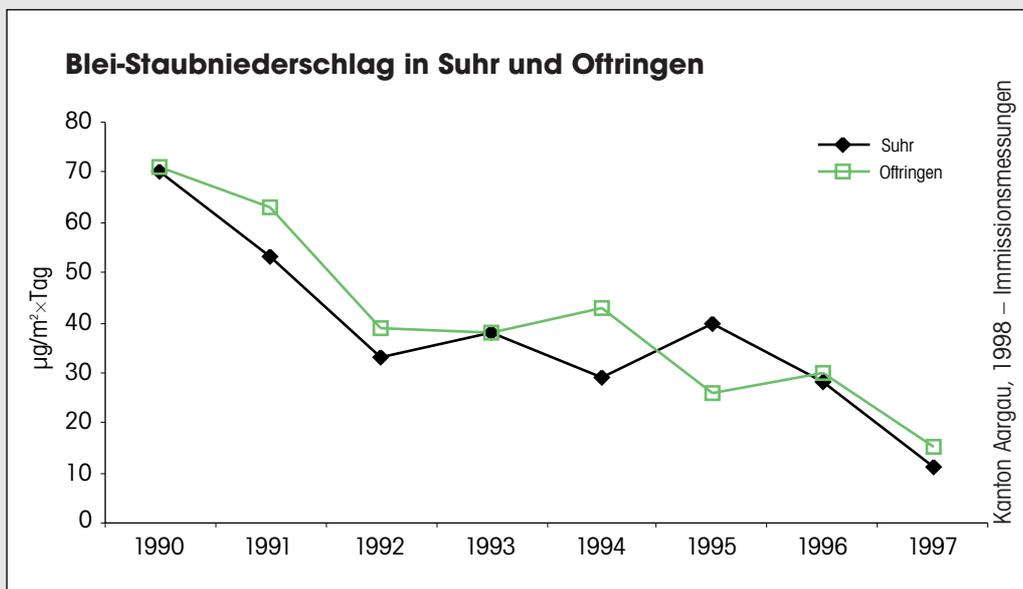
Möriken, Suhr, Lenzburg, Oftringen

6.2. Blei-Zunahmen bei einigen Mittelland-Waldstandorten

Die Blei-Totalgehalte bei Mittelland-Waldstandorten in den Agglomerationen von Lenzburg, Oftringen, Suhr und Möriken–Wildegg–Niederlenz nahmen deutlich zu (Tabelle Seite 18, Diagramm Seite 19). Die Zunahme ist vor allem auf die Anreicherung in der obersten Bodenschicht zurückzuführen, was auf atmosphärische Einträge hinweist.

Blei-Immissionen

Im Kanton Aargau werden in verschiedenen Regionen Bleigehalte im Staubbiederschlag gemessen. Diese Gehalte nahmen generell von 1991/92 bis 1996/97 deutlich ab (Kanton Aargau, 1998). Für Suhr und Oftringen sind die Werte von 1991/92 und 1996/97 sowie ergänzend auch jene von 1990, 1993, 1994 und 1995 unten dargestellt.



Auch wenn die Luftmess- und die KABO-Standorte nicht genau übereinstimmen, so kann doch im Zeitraum 1991/92 bis 1996/97 von einer deutlichen Abnahme der Blei-Immission ausgegangen werden. Diese dürfte vorwiegend auf den Rückgang von bleihaltigem Benzin und auf den Einsatz von Katalysatoren bei Motorfahrzeugen zurückzuführen sein. Trotz dieser Abnahme gilt es aber zu beachten, dass auch bei Blei-Einträgen in der Höhe von 1996/97 immer noch mit einer Blei-Anreicherung im Boden – wenn auch mit einer weit geringeren als 1991/92 – gerechnet werden muss. Dass die Blei-Zunahmen im Boden höher ausfielen, als aufgrund der reduzierten Luftimmissionen zu erwarten gewesen wäre, lässt sich auf folgende Gründe zurückführen:

- Waldbäume fangen Schadstoffe durch Blätter und Nadeln auf, sodass es im Wald zu höheren Einträgen kommt als bei gleich exponierten Freilandstandorten.
- Die Waldstandorte, an denen die Blei-Konzentrationen zunahmen, weisen alle einen Anteil von Nadelbäumen auf. Die abfallenden Nadeln waren über fünf bis sieben Jahre dem Schadstoffeintrag aus der Luft ausgesetzt. Folglich spiegelt der Streufall in Nadelbeständen auch Blei-Frachten vorangegangener Jahre wider. Da die Blei-Immissionen in Suhr und Oftringen in den Jahren vor 1991/92 wesentlich höher waren als danach (Diagramm Seite 21), ist davon auszugehen, dass die Blei-Einträge in den Boden erst mit einer Zeitverschiebung von mehreren Jahren zurückgehen werden. Diese Standorte sind in den nächsten Hauptuntersuchungen weiter zu beobachten.



Der KABO-Standort Lenzburg ist 20 m von der Autobahn A1 entfernt. Hier wurde bei der ersten Hauptuntersuchung 1991/92 eine Anreicherung des Blei-Totalgehaltes, die durch den nahe gelegenen Strassenverkehr verursacht wurde, festgestellt. Der Blei-Totalgehalt nahm von 1991/92 bis 1996/97 deutlich zu und hat dabei den Richtwert überschritten.

7. Schlussfolgerungen

7.1. Landwirtschaft

Mit Ausnahme von zwei Standorten hat sich die Schadstoffsituation in der Landwirtschaft stabilisiert bis leicht verbessert. Es wäre wohl noch zu früh, diese Entwicklung als Folge der stark geförderten integrierten Anbausysteme beziehungsweise des aktuellen ökologischen Leistungsnachweises zu deuten. Die dritte Hauptuntersuchung soll zeigen, ob die Tendenz anhält.

Die zweite Hauptuntersuchung bestätigt, dass sich die Düngung mit Kompost oder Klärschlamm von minderwertiger Qualität noch Jahre später durch hohe Schadstoffgehalte bemerkbar macht. Dies trifft besonders für die Standorte Stetten und Unterlunkhofen zu (Tabelle Seite 13). Die Bestrebungen, nur noch Hilfsstoffe und Dünger von guter Qualität einzusetzen, müssen daher weiter vorangetrieben werden.

7.2. Waldstandorte im Jura

Zwei der vier Jurastandorte weisen deutliche Veränderungen auf. Es sind vorwiegend Zunahmen der Schadstoffgehalte, die bis heute nicht erklärt werden können. Diese Standorte sind daher weiter zu beobachten. Bei allen Jurawaldstandorten ist bei den nächsten Hauptuntersuchungen der Entwicklung des Kalkgehaltes und des pH-Wertes Beachtung zu schenken. Bei einer feststellbaren Versauerungstendenz könnten die natürlicherweise erhöhten Schadstoffgehalte gelöst und ins Grundwasser verlagert werden.

7.3. Waldstandorte im Mittelland

Bei neun von elf Standorten sind die Richtwerte für die löslichen Gehalte überschritten. Die Ursachen liegen in den sauren Bodenverhältnissen. Eine Verminderung der löslichen Gehalte ist ohne Erhöhung des pH-Wertes kaum möglich. Die Bodenversauerung kann neben erhöhten löslichen Gehalten auch irreversible Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit und verschiedener Bodenfunktionen nach sich ziehen.

Die Bodenversauerung, die an sich ein natürlicher Prozess ist, wird durch den zivilisationsbedingten atmosphärischen Eintrag von Säuren und Säurebildnern beschleunigt. Mit der konsequenten Umsetzung der Luftreinhalteverordnung, insbesondere mit dem Einhalten der Stickstoffdioxid-Immissions-Grenzwerte, kann ein Beitrag gegen weitere Bodenversauerung geleistet werden. Aus waldbaulicher Sicht ist abzuklären, wie stark sich die Artenzusammensetzung des Baumbestandes auf die Bodenversauerung auswirkt. In Koordination mit weiteren Institutionen, die sich mit dem Problem der sauren Waldböden befassen, soll das Gefährdungspotenzial beurteilt und sollen Schlussfolgerungen bezüglich allfälliger Massnahmen gezogen werden.

Im Rahmen des EMBO-Projektes (Emittentenbezogene Bodenuntersuchungen im Kanton Aargau) wurden bisher die Böden im Bereich von zwölf Emittenten untersucht. In einem weiterführenden Projekt sollen die zusätzlichen, durch das KABO-Projekt festgestellten Problemgebiete detailliert untersucht werden. Bei den Waldstandorten Suhr, Lenzburg, Oftringen und Möriken haben nach fünf Jahren die Blei-Totalgehalte signifikant und relevant zugenommen. Schadstoffeinträge auf sauren Standorten sind besonders problematisch, weil die leicht löslichen Elemente mobilisiert und ausgewaschen werden können. Die Höhe und die Veränderung der Schadstoffbelastung sowie deren räumliche Verteilung sind in diesen Agglomerationen detailliert abzuklären. Aufgrund von lufthygienischen Massnahmen, wie zum Beispiel dem Verbot von bleihaltigem Benzin und der Verwendung von Katalysatoren, ist damit zu rechnen, dass die Blei-Gehalte bis zur nächsten Hauptuntersuchung kaum weiter ansteigen. Sollte sich dann zeigen, dass die Blei-Gehalte weiterhin zunehmen, so sind die

Saure Bodenverhältnisse und erhöhte lösliche Schadstoffgehalte

Massnahmen gegen Bodenversauerung prüfen

Schadstoffeinträge in Agglomerationen

Ursachen abzuklären und es ist allenfalls zu prüfen, ob die vorsorglichen emissionsbegrenzenden Massnahmen des Bundes in anderen Umweltbereichen ausreichen, um in diesen Gebieten einen weiteren Anstieg der Schadstoffbelastung der Böden zu verhindern.

7.4. Empfehlungen für das Weiterführen des KABO

Eine dritte Hauptuntersuchung ist, wie die vorangehenden Kapitel gezeigt haben, notwendig. Dabei sind folgende Anpassungen vorzunehmen beziehungsweise abzuklären:

Biologische und physikalische Parameter

Mit den bisher vorliegenden KABO-Untersuchungen wurden nur anorganische Schadstoffe und wichtige Bodenkennwerte erfasst und beurteilt. Verschiedene Untersuchungen deuten darauf hin, dass auch Veränderungen der biologischen und physikalischen Eigenschaften zu bedeutenden Belastungen des Ökosystems Boden und zu Gefährdungen von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie von Grundwasser führen können. Diese Parameter sollen als fester Bestandteil in die zukünftigen Hauptuntersuchungen aufgenommen werden.

Beprobung/
Beprobungsrhythmus

Schadstoffmesswerte von Bodenproben sind mit gewissen Ungenauigkeiten, die auf die Beprobung im Feld und auf die Analytik im Labor zurückzuführen sind, behaftet. Bei der zweiten Hauptuntersuchung wurden die Analytik-Ungenauigkeiten detailliert erfasst. Bei der dritten Hauptuntersuchung sollen auch die Ungenauigkeiten, die auf die Beprobung zurückzuführen sind, ermittelt werden. Mit der Anpassung der Beprobung von der Einfach- zur Mehrfachbeprobung kann die Aussagekraft der Ergebnisse erhöht werden. Der damit verbundene Mehraufwand darf aber nicht allzu viele Mittel zuungunsten der Vielfalt und der Anzahl der zu analysierenden KABO-Standorte binden. In einer Vorabklärung sind deshalb optimierte Lösungen zu prüfen, welche unter anderem einen längeren Beprobungsrhythmus, beispielsweise zehn Jahre, beinhalten.

8. Ausblick

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bedeutet langfristig auch die Erhaltung unserer wichtigsten Lebensgrundlage. Werden Schädigungen des Bodens von Auge erst einmal erkennbar, ist es bereits zu spät. Sie können meist nicht mehr rückgängig gemacht werden. Der Boden erholt sich, wenn überhaupt, nur sehr langsam. Schadstoffe bleiben über lange Zeit im Boden und widerspiegeln die Umweltsünden vergangener Zeiten.

Mit dem Bodenbeobachtungsnetz des Kantons Aargau steht ein wichtiges Instrument zur Früherkennung zur Verfügung. Die Ergebnisse der zweiten Hauptuntersuchung festigen unseren Überblick über den Zustand der Aargauer Böden. Schädigende Entwicklungen werden rechtzeitig erkannt und die Belastungsquellen oder andere Ursachen identifiziert. In den Gebieten mit erhöhten Gehalten sind weitergehende Abklärungen notwendig. Aktuell steht daneben die Erarbeitung geeigneter Massnahmen an, um der Bodenversauerung entgegenzuwirken.

Die zweite Hauptuntersuchung zeigt aber auch die auftretenden Schwierigkeiten bei der Interpretation von Gehaltsveränderungen. Es ist zurzeit noch nicht in jedem Fall möglich, die Veränderungen eindeutigen Ursachen zuzuordnen. Umso wichtiger ist deshalb die Weiterführung des Bodenbeobachtungsnetzes, um zu entscheiden, in welchen Umweltbereichen die Schadstoffemissionen weiter zu reduzieren sind. Nur so wird ein wirkungsvoller, sich der Vorsorge verschreibender Schutz der Böden möglich.

9. Literatur

AUE (1999) Schwermetalle in Baselbieter Böden (Landwirtschaftsböden). Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton Basel-Landschaft, Liestal.

BUWAL (1993) NABO, Nationales Bodenbeobachtungsnetz, Messresultate 1985–1991, Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

BUWAL (2000) Nationales Bodenbeobachtungsnetz, Veränderungen von Schadstoffgehalten nach 5 und 10 Jahren. Schriftenreihe Umwelt Nr. 320. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

BUWAL (2001 a) Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

IAP (1999) Wie geht es unserem Wald? Untersuchungen in Walddauerbeobachtungsflächen von 1984 bis 1998. Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch.

KABO AG (1994) Bodenbeobachtung im Kanton Aargau, Belastungszustand der Böden 1991/1992. Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Aarau.

KABO AG (1997) Qualitativer Bodenschutz im Kanton Aargau, Kantonales Bodenbeobachtungsnetz. Handbuch. Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Aarau.

KABO AG (2001) Bodenbeobachtungsnetz des Kantons Aargau, Fachbericht, Ergebnisse der zweiten Hauptuntersuchung (1996/97). Veränderung der Bodenbelastung nach fünf Jahren. Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz, Aarau.

KABO SG (1995) Kantonale Bodenbeobachtung (KABO) St. Gallen. Auswertung der Erstbeobachtung, Fachbericht. Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen.

KABO SG (1997) Kantonale Bodenbeobachtung (KABO). Auswertung der Zweitbeobachtung, Fachbericht. Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen.

Kanton Aargau (1998) Luftreinhaltung, Immissionsmessungen im Kanton Aargau. Resultate 1997. Sondernummer 1. Abteilung Umweltschutz, Aarau.

Kanton Aargau (2000) Luftbelastung im Kanton Aargau. Immissionsmessbericht 1999. Sondernummer 7. Abteilung Umweltschutz, Aarau.

NABEL (1998) Luftbelastung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 311. BUWAL, Bern.

VBBo (1998) Verordnung über Belastungen des Bodens. Bern.