

**Kurzbericht über die Untersuchung der Bodenbelastungen:**

# Schwermetalle und Fluor in der Umgebung der Zürcher Krematorien

*Diverse Publikationen in Fachzeitschriften und in der Presse machten darauf aufmerksam, dass bei Kremationen Amalgamzahnfüllungen verdampfen und dadurch erhebliche Mengen an Quecksilber (Hg) aus den Krematorien über die Kamine entweichen. Emissionsmessungen erhärteten die Aussage dieser Berichte und führten zu der Annahme, dass der Quecksilbergehalt in Böden um die Krematorien erhöht sei. Im Rahmen der Bodenüberwachung durch den Kanton werden unter anderem auch die sogenannten Verdachtsflächen erfasst. So gehört die Umgebung von Krematorien zu den potentiell durch Bodenschadstoffe gefährdeten Gebieten.*

Der vorliegende Bericht wurde im Auftrag der Fachstelle Bodenschutz im Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich erarbeitet. Er stützt sich auf 146 Bodenproben, die im Sommer 1992 entnommen und analysiert wurden. Zusätzlich flossen noch die Daten von sieben Bodenproben anderer Projekte in die Auswertung mit ein.

## Amalgam und Krematorien

Amalgame sind flüssige oder feste Quecksilberverbindungen mit anderen Metallen (z.B. Natrium, Blei, Zink, Gold, Silber usw.).

Laborversuche zeigen, dass Zahnamalgame sich ab 200 °C zu zersetzen beginnen und dass ab 700 °C die Zersetzung vollständig ist. Ideale Kremationsbedingungen herrschen bei etwa 800 bis 1200 °C in der Ausbrandzone. Bestätigt werden die Laborversuche in der Praxis durch Emissionsmessungen an Schweizer Krematorien. Ca. 90 Prozent des totalen Quecksilberausstosses erfolgt in verdampfter metallischer Form. Der Restanteil liegt in ionischer und partikelgebundener Form vor. Eine Studie des Zahnärztlichen Institutes der Universität Zürich errechnete pro Verstorbenem mit Zähnen eine dentale Quecksilbermenge von  $2,49 \pm 0,37$  Gramm.

Ein Vergleichswert von 3 Gramm pro Einäscherung kann einer Untersuchung aus Schweden entnommen werden.

## Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung war es, das Ausmass der Bodenbelastung durch Krematorien in qualitativer (welche Schadstoffe) und quantitativer (Schadstoffgehalt, räumliche Ausdehnung) Hinsicht festzustellen. Zusätzlich sollte zudem untersucht werden, wie sich der künftige Betrieb der Krematorien auf die Belastungssituation des Bodens auswirken wird.

## Untersuchungskonzept

Im Kanton Zürich gibt es vier Krematorien:

- Sihlfeld (Stadt Zürich)
- Nordheim (Stadt Zürich)
- Rosenberg (Winterthur)
- Rüti

Das Krematorium Sihlfeld wurde nach dem Endausbau des Krematoriums Nordheim am 25. September 1992 stillgelegt. Im Auftrag der Stadt Zürich wurden von einem privaten Labor im Frühjahr 1992 drei Bodenproben um das Krematorium Sihlfeld entnommen. Dabei wurden erhöhte Quecksilberwerte, aber keine Richtwertüberschreitungen festgestellt. In Anbetracht der damals absehbaren Stilllegung des Krematoriums Sihlfeld wurde dieses von der Untersuchung ausgeschlossen. Die drei übrigen Krematorien im Kanton Zürich wurden in die Untersuchung mit einbezogen.

Die Probenahmenstandorte wurden strahlenförmig vom Krematoriumskamin (Punktquelle) aus gelegt. Vier Hauptstrahlen wurden auf die vermutete Hauptwindrichtung und rechtwinklig zu dieser ausgerichtet. Bei der Ausrichtung der Strahlen wurde zusätzlich darauf geachtet, dass die Nutzung (Wald, Landwirtschaft, Siedlung) der Probestandorte, die auf dem gleichen Strahl liegen, mög-

**Redaktionelle Verantwortung**

**für diesen Beitrag:**

**Amt für Gewässerschutz und Wasserbau**

**Fachstelle Bodenschutz**

**Dr. Thomas Wegelin**

**8090 Zürich**

**Telefon 01 259 32 78**



BODEN

lichst einheitlich ist. Auf Hauptstrahlen wurden im Idealfall in folgenden Distanzen Proben entnommen: 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300 und 500 Meter. Zwischen den Hauptstrahlen wurden kürzere Strahlen gelegt, bei denen bis auf 100 Meter Distanz alle 25 Meter eine Probe entnommen wurde. An vermuteten Hauptbelastungsgebieten (abgeleitet aus Wind, Topographie, Wald als Filter usf.) und in der Nähe der Krematorien wurde die Probenzahl erhöht.

Untersucht wurden neun Schwermetalle und Fluor gemäss der Eidgenössischen Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo). Organische Schadstoffe wurden nicht in die Untersuchung miteinbezogen. Die Probenahme und -aufbereitung erfolgten gemäss der Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden (BUWAL/FAC 1987/89).

**Ergebnisse**

Die Bodenbelastung in der Umgebung der Zürcher Krematorien muss anlagenspezifisch beurteilt werden, da die Rahmenbedingungen (z.B. Alter des Krematoriums, Anzahl Kremationen, Topographie, sekundäre Emittenten) jedes Krematorium als einen Sonderfall erscheinen lassen.

**Kritische Schadstoffe bezüglich Richtwert (VSBo)**

Die Messwerte der Bodenproben um das Krematorium *Nordheim* machen deutlich, dass Blei und Fluor die entsprechenden Richtwerte (VSBo) fast immer überschreiten. Die Ursachen für diese hohe Blei- bzw. Fluorbelastung sind vermutlich beim Verkehr bzw. in der natürlichen Bodenbeschaffenheit zu suchen. Die löslichen Zinkgehalte sind ebenfalls relativ häufig über dem Richtwert. Die Ursache dürfte hier vor allem im tiefen pH-Wert des Waldbodens zu suchen sein.

Die Messwerte der Bodenproben um das Krematorium *Rosenberg* machen deutlich, dass die Fluor-Totalgehalte fast immer über dem Richtwert (VSBo) sind. Der Grund für diese Richtwertüberschreitungen ist vermutlich die natürliche Bodenbeschaffenheit. Blei weist relativ häufig Richtwertüberschreitungen im Siedlungsgebiet auf. Kupfer liegt im Siedlungsgebiet bei fünf Standorten über dem Richtwert. Die Ursachen für diese Richtwertüberschreitungen dürften für das Blei beim

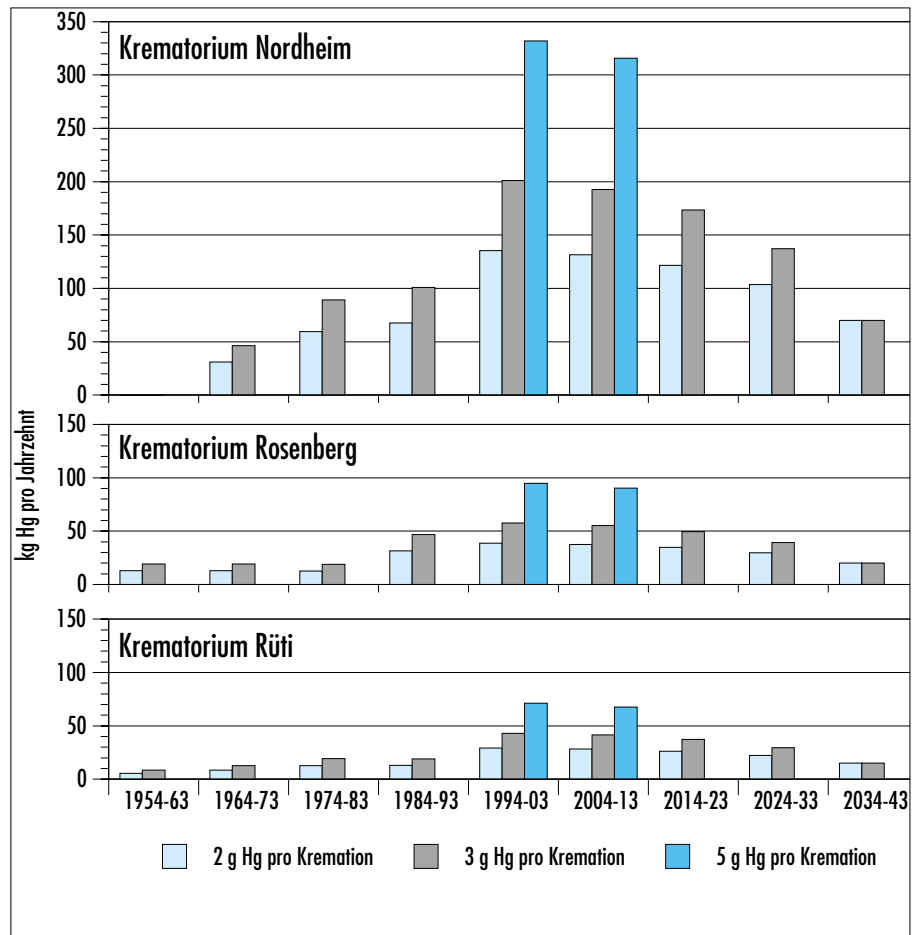


Abb. 1 – Entwicklung von Quecksilberemissionen (Hg) der drei Krematorien im Kanton Zürich in den nächsten fünfzig Jahren: Dargestellt sind die prognostizierten Entwicklungsszenarien pro Jahrzehnt. Die drei berechneten Szenarien entstehen durch unterschiedliche Annahmen des Quecksilberausstosses pro Einäscherung. Szenario drei (Annahme: fünf Gramm pro Einäscherung) bezieht sich nur auf die Jahre 1994 bis 2013.

Verkehr, für das Kupfer bei anderen anthropogenen Tätigkeiten zu suchen sein.

Die Messwerte der Bodenproben um das Krematorium *Rütli* machen deutlich, dass die Fluor-Totalgehalte fast immer über dem Richtwert (VSBo) sind. Der Grund für diese Richtwertüberschreitungen ist vermutlich die natürliche Bodenbeschaffenheit. Die Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Zink-Totalgehalte liegen relativ häufig (und zum Teil weit) über dem entsprechenden Richtwert (VSBo). Beim Cadmium wurde ein Wert gemessen, der über dem hundertfachen Richtwert (VSBo) liegt. Die Ursachen für diese hohe Bodenbelastung sind sicher anthropogen. Derzeit können aber noch keine genaueren Angaben gemacht werden.

**Quecksilber**

Quecksilber scheint der einzige Schadstoff zu sein, der in wesentlichen Mengen aus den Krematorien *Nordheim* und *Rosenberg* in den Boden gelangt. Beim Krematorium *Rütli*

konnte keine wesentliche Belastung des Bodens durch das Krematorium festgestellt werden. Die Belastung des Bodens mit Quecksilber kann derzeit bezüglich des Richtwertes (VSBo) bei allen drei untersuchten Krematorien noch als unkritisch bezeichnet werden. Es ist ein Ansteigen der Quecksilberkonzentration im Boden insbesondere im Nahbereich (ca. hundert Meter) der Krematorien *Rosenberg* und *Nordheim* festzustellen.

Das Quecksilberproblem muss in zwei Teilaspekte gegliedert werden: Eine kleinräumige, messbare Belastung des Bodens mit Quecksilber in der Nähe von Krematorien und eine grossräumige, nicht messbare Belastung des Bodens als Grundbelastung. Die Quecksilberemissionen sind kurzfristig in erster Linie unter dem Aspekt der Luftthygiene zu beurteilen.

**Risiken bezüglich Bodenfruchtbarkeit und Gesundheit**

Die Bodenfruchtbarkeit ist langfristig dann gefährdet, wenn entweder Richtwerte (VSBo) überschritten sind oder aber die Konzentrationen eines Schadstoffes im

Boden stark ansteigen.

Die Bodenfruchtbarkeit ist derzeit um die Krematorien *Nordheim* und *Rosenberg* durch den historischen Quecksilberausstoß kaum

gefährdet. Eine gesundheitliche Gefährdung des Menschen durch die von den Krematorien *Nordheim* und *Rosenberg* verursachte Quecksilberbelastung des Bodens besteht zur

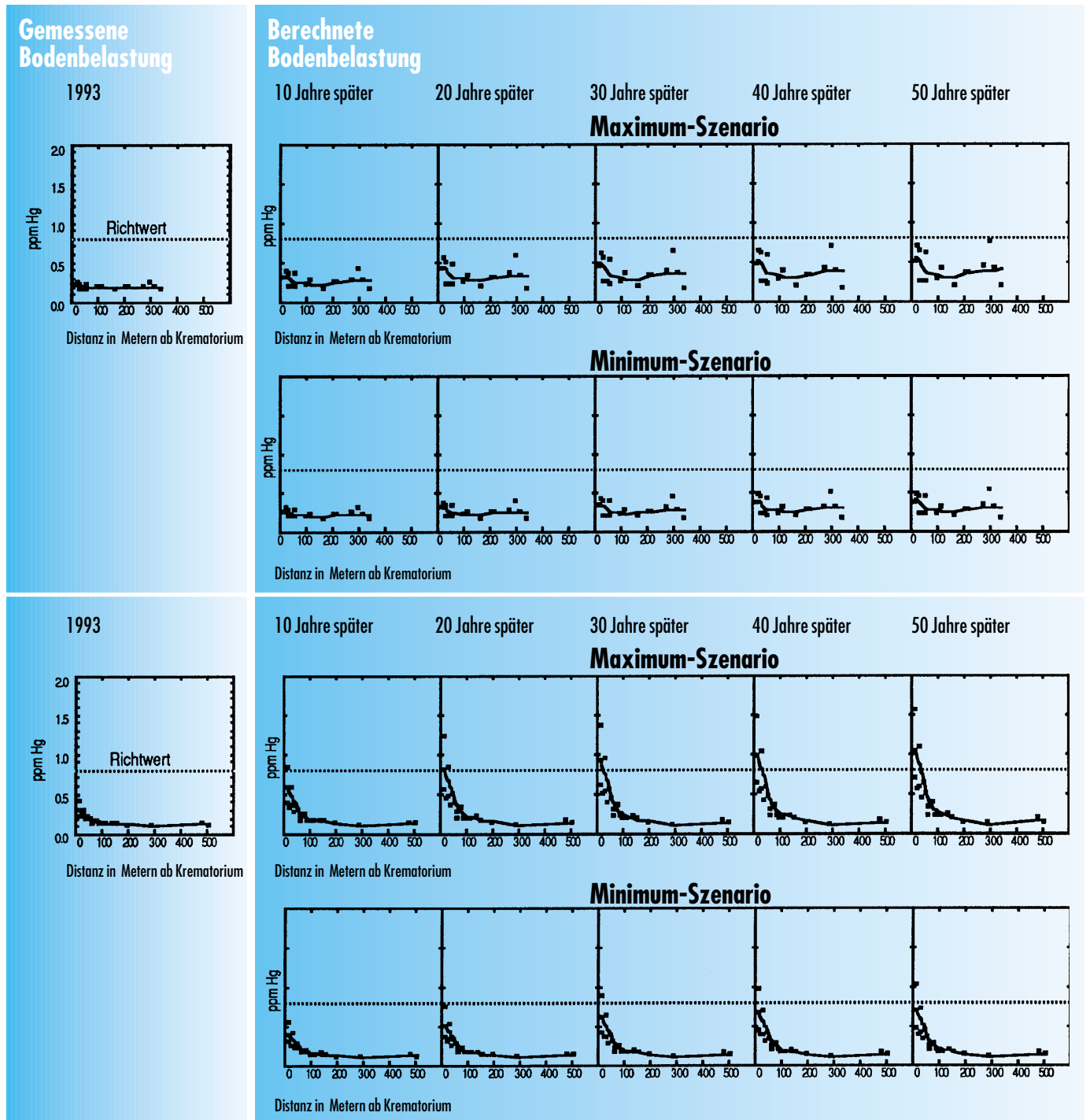


Abb. 2 (oben) und Abb. 3 (unten) – Die Entwicklung der Quecksilber-Bodenbelastung in der Umgebung der Krematorien *Nordheim* (oben) und *Rosenberg* (unten) in den nächsten fünfzig Jahren, basierend auf den Vorhersagen aus Abb. 1. Diese Berechnungen zeigen in beiden Fällen die für den Boden maximale bzw. minimale künftige Quecksilberbelastung auf. Diese ist in ppm Hg (Milligramm Quecksilber pro Kilogramm Feinerde) angegeben.

Die künftige Quecksilberbelastung des Bodens durch das Krematorium *Rüti* ist nicht quantifizierbar. Bis 1992 konnte kein Eintrag von Quecksilber in den Boden durch diese Anlage festgestellt werden. Die Quecksilberemission ist verglichen mit den beiden andern Anlagen *Nordheim* und *Rosenberg* am kleinsten (siehe Abb. 1). Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass eine künftige schwerwiegende Belastung des Bodens mit Quecksilber durch das Krematorium *Rüti* nicht sehr wahrscheinlich ist.

Zeit kaum. Die höher belasteten Nahbereiche befinden sich ausschliesslich im Wald und auf dem Friedhofsareal (also keine Spielplätze, keine Landwirtschaftsflächen, keine Gärten usw.). Um das Krematorium Rütli ist die Bodenfruchtbarkeit gefährdet. Die Gefährdung geht hier von einer z. T. sehr hohen Blei-, Cadmium-, Kupfer und/oder Zinkbelastung aus. Die Ursache für diese Belastung ist noch unbekannt. Das Krematorium kommt als Verursacher jedoch kaum in Frage. Die hohen Werte wurden z.T. auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie in Gärten festgestellt.

### Künftige Quecksilber-Bodenbelastung

Die Zunahme des Quecksilberausstosses durch die steigende Kremationszahl ist viel stärker als die Abnahme durch die Wirkung der Zahn-Prophylaxe. Ab 1994 muss in den

darauffolgenden vierzig Jahren der höchste Quecksilberausstoss durch die Krematorien erwartet werden. Danach muss vorerst immer noch mit einem Quecksilberausstoss gerechnet werden, der etwa die gleiche Grössenordnung hat wie vor 1994 (siehe Abb. 1).

Ein Anstieg des Quecksilbertotalgehaltes im Boden ist vor allem im Nahbereich (in einem Radius von ca. hundert bis zweihundert Metern) der Krematorien zu erwarten. Bei den Anlagen Rosenberg und Nordheim kann ein Ansteigen des Quecksilbertotalgehaltes bis über den Richtwert (VSBo) nicht ausgeschlossen werden. Um die Anlage Rosenberg muss ein relativ starkes Ansteigen vor allem in der nächsten Umgebung (in einem Radius von ca. fünfzig bis hundert Metern ab Krematorium) erwartet werden. Um das Krematorium Nordheim werden die Quecksilbertotalgehalte im Boden nicht so

stark ansteigen, dafür ist mit einer grösseren belasteten Fläche zu rechnen als um das Krematorium Rosenberg (siehe Abb. 2 und 3). Aus der Sichtweise, dass bei dem Szenario

### Handlungsbedarf

Bezüglich Belastung des Bodens mit Quecksilber besteht ein Handlungsbedarf im Bereich der Emissionsbegrenzung. Die Emission von Quecksilber durch die Krematorien muss durch geeignete Massnahmen vermindert werden.

Wo die Richtwerte (VSBo) überschritten sind, muss der Aushub von Erdmaterial kontrolliert durchgeführt werden, so dass der kontaminierte Boden nicht auf einen unbelasteten Boden abgelagert wird (v.a. Rütli).

In Abhängigkeit von der Nutzungsart sind bei stark belasteten Flächen weitere Massnahmen in Erwägung zu ziehen (v. a. Rütli).

## Bodenbelastungen bei den KVA: Kurzbericht über die Untersuchungen

*Der Beitrag über die Untersuchung der Bodenbelastungen in der Umgebung der Zürcher Krematorien ist auch als Separatum (Sonderdruck) erhältlich. Ein ähnlicher Kurzbericht über die «Untersuchungen der Bodenbelastung mit Schwermetallen in der Umgebung der Zürcher Kehrichtverbrennungsanlagen» kann bei der Fachstelle Bodenschutz ebenfalls bezogen werden.*

Im Rahmen der Bodenüberwachung durch den Kanton werden unter anderen die sogenannten Verdachtsflächen erfasst. Zu den potentiell durch Bodenschadstoffe gefährdeten Gebieten gehört die Umgebung von Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Nach Art. 4 der Bodenschutzverordnung (VSBo) sorgen die Kantone in diesen Gebieten für eine eingehende Beobachtung der Bodenbelastung, veröffentlichen die Ergebnisse dieser Untersuchungen und schlagen allenfalls Massnahmen zur Sanierung oder Nutzungsbeschränkung vor.

Eine Untersuchung der Fachstelle Bodenschutz über die Bodenbelastung mit

Schwermetallen umfasste alle elf im Kanton Zürich liegenden KVA und SVA (Schlammverbrennungsanlagen), die stillge-

legten eingeschlossen. Die Bodenanalysen wurden an 420 Standorten in einem Umkreis von einem Kilometer um die KVA durchgeführt, wovon rund 300 aus der Hauptuntersuchung im Zeitraum 1991 bis 1993 und rund 100 aus früheren Untersuchungen stammen.

Der dazu erhältliche Kurzbericht geht neben allgemeinen Informationen zum Bodenschutz und zum Untersuchungskonzept auf die Untersuchungsergebnisse ein. Er enthält die wesentlichsten Angaben zur Bodenbelastung mit Schwermetallen um die KVA/SVA insgesamt, macht anlagenspezifische Aussagen und beschreibt die historische Staub- und Schwermetallemission. Dazu werden die notwendigen Massnahmen bezeichnet.

Der Bericht endet mit folgendem

### Fazit

«Die von KVA verursachten, heute feststellbaren Bodenbelastungen sind zum grössten Teil auf Kaminemissionen in früheren Zeiten mit noch rudimentärer Rauchgasreinigung oder dann auf den Einsatz bzw. die Entsorgung von Schlacke und Filterstaub zurückzuführen. Aufgrund der Untersuchungen und von Modellrechnungen kann davon ausgegangen werden, dass die heute nach dem neuesten Stand der Technik

### Grundeigentümer und Gemeinden werden informiert

Eine umfangreiche Informationsaktion hat die Fachstelle Bodenschutz in Angriff genommen. Über die Analysenergebnisse der grossen Zahl im ganzen Kanton entnommener Bodenproben wurden betroffene Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer sowie die Gemeinden bis heute nur in Einzelfällen umfassend informiert. Das wird nun mit der angelaufenen Orientierung nachgeholt. Die Information umfasst ausser den Analysenergebnissen auch nützliche Erläuterungen, Situationspläne sowie Unterlagen über die Anliegen des modernen Bodenschutzes und das Aufgabengebiet der Fachstelle Bodenschutz. Bedingt durch die umfangreiche Datenmenge erfolgt die Information bezirksweise und dürfte bis Ende dieses Jahres abgeschlossen sein. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass wiederholt mit Informationsmaterial bedient wird, wer Grundstücke in mehreren Bezirken besitzt. Anschliessend stehen den Gemeinden die Analyseergebnisse von Bodenproben aus ihrem Gemeindegebiet ebenfalls zur Verfügung.