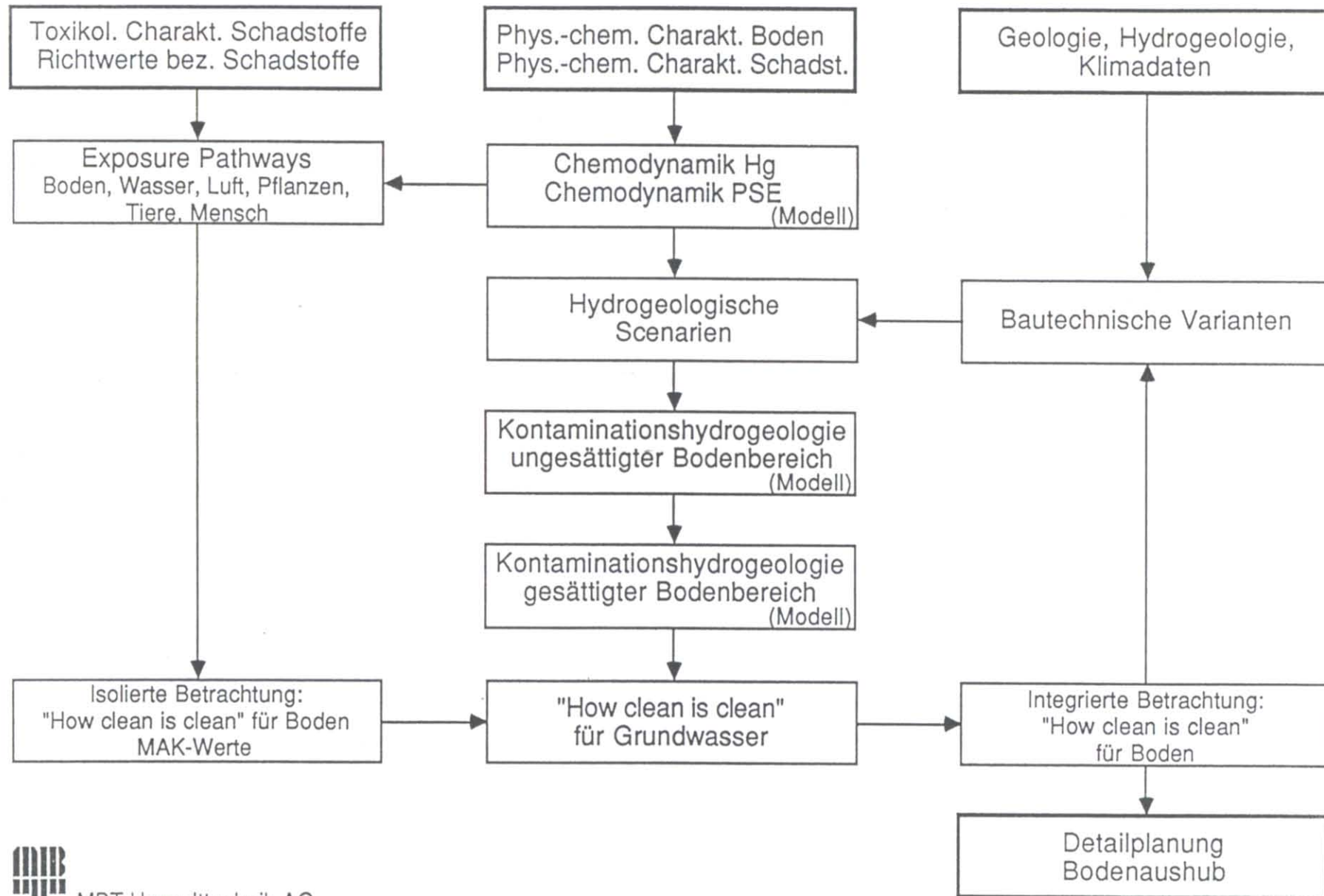


Unterlagen
zur Besprechung
Projekt SABO

19. September 1989



Merkmale

-Aufstellung
und Regeln

-Mögliche
Sicherheit

-Koalition

Moralisierende
Gesellschaft

Merkmale:

-Gefahren werden dazu benutzt,
diese zu dramatisieren

-Tendenz zur Abkapselung von der
Gesellschaft

-Keine Akzeptanz von Grenzwerten,
physik. & chem. Immissionen sollten
möglichst nahe bei null liegen

gen)

c. & chem. Grenzwerte

Toxikologische Stellungnahme zum Projekt SABO: Sanierungsziele

1. Expositionswege für den Menschen

- direkt: orale Aufnahme
dermale Aufnahme
Inhalation
- indirekt: über die Nahrung (Pflanzen)
über das Trinkwasser

Da das Areal in Zukunft industriell genutzt werden soll, ist die orale und dermale Aufnahme von Bodenmaterial durch die Bevölkerung auszuschliessen. Infolge der geringen Flüchtigkeit der fraglichen Substanzen ist eine Kontamination der Luft vernachlässigbar: der Dampfdruck [1], [2] derjenigen Substanzen, die in grösseren Mengen vorkommen (Disulfoton, Thiometon, Etrimphos, Propetamphos, organische Quecksilberverbindungen) liegt bei 20°C bei 10^{-4} bis 10^{-5} Torr resp. 10^{-8} Torr (Oxadixyl). Nur Dichlorvos hat einen höheren Dampfdruck, 3×10^{-2} Torr, liegt jedoch in sehr viel geringerer Menge vor. Eine direkte Gefahr für die Bevölkerung durch Einatmen von Dämpfen besteht folglich nicht. Von entstandenen Merkaptanen (Hydrolyseprodukte der PSE), welche leichtflüchtig sind, kann ev. eine Geruchsbelästigung ausgehen, genaue Daten fehlen jedoch zur Zeit noch. Ihre Toxizität dürfte wesentlich geringer sein als diejenige der PSE, muss aber auch noch abgeklärt werden. Weil die Geruchsschwelle bei den Merkaptanen extrem niedrig ist (etwa 1 ppb), besteht wahrscheinlich vor allem das Problem der Geruchsbelästigung. Wegen der vorgesehenen industriellen Nutzung besteht für Tiere und Pflanzen keine Gefahr durch direkten Kontakt. Deshalb ist die Bevölkerung auch indirekt, via Nahrungsmittel, nicht gefährdet. Vom Boden als solchem hingegen könnte bei späteren Arbeiten auf dem Gelände, beispielsweise bei einem Aushub, eine gesundheitliche Gefährdung entstehen. Zudem ist zu untersuchen, ob eine Gefährdung des Grundwassers vorliegt: als hauptsächlicher Expositionsweg für die Bevölkerung ist ein möglicher Schadstofftransport vom Boden via Grundwasser ins Trinkwasser anzusehen.

2. Grundwasser

2.1. Allgemeines

In der Schweiz existieren für Trinkwasser Grenzwerte für Pestizide:

0.1 µg/l pro Einzelsubstanz resp. 0.5 µg Gesamtmenge aller Pestizide. Wenn man sich die teilweise sehr unterschiedlichen Toxizitäten von Pestiziden vor Augen hält, erkennt man bald, dass der Wert 0.1 µg/l pro Einzelsubstanz willkürlich, nicht toxikologisch begründet ist. Ebenso verhält es sich mit der Summengrenze von 0.5 µg/l, wo Wirkungsmechanismus der Komponenten und damit allfällige additive Wirkungen nicht berücksichtigt werden. Es wurde somit nicht primär von toxikologischen Ueberlegungen ausgegangen, sondern beispielsweise davon, dass Pestizide generell nicht ins Trinkwasser gehören. Anthropogene Einflüsse sollen möglichst vom Wasser ferngehalten werden (Reinheitsgebot des Wassers). Die angesetzten Grenzwerte dienen also nicht primär zur Abwendung einer direkten Gesundheitsgefährdung. Eine Ueberschreitung ist toxikologisch gesehen noch nicht bedenklich.

Zur Erläuterung der von uns gebrauchten Beurteilungsgrundlagen muss im nächsten Abschnitt kurz auf Unterschiede zwischen einem Unfall wie in Schweizerhalle und dem Normalfall eingegangen werden.

2.2. Kontaminationen in der Umwelt: Normalfall versus Unfall

Grenzwerte für schädliche Stoffe werden für den Normalfall festgelegt, um einerseits unter Einbezug von Sicherheitsfaktoren Risiken für Mensch und Umwelt auszuschliessen und um andererseits eine Grundlage zu schaffen zur Vereinfachung vieler nötiger Entscheidungen. Diese Grenzwerte haben generelle Geltung, meist ohne Rücksicht auf den Einzelfall. Sie sind als allgemein akzeptierte ökologische und präventivmedizinische Massnahmen zu verstehen. Sie sollen Schutz bieten vor zukünftigen vermeidbaren zu hohen Belastungen, dienen also der Prävention.

Ganz anders sieht die Situation jedoch aus, wenn ein Schaden bereits eingetroffen ist: in diesem konkreten Fall geht es dann nicht um Prävention, sondern um Therapie. Es handelt sich dann um einen Einzelfall, in dem unter Einbezug aller verfügbaren Daten individuell zu entscheiden ist, welche "Grenzwerte" eingehalten werden sollen. Bezüglich Toxizität und vorallem Exposition bestehen oft genauere Daten als im obenerwähnten Normalfall. Wegen der genaueren Daten wird das Risiko meist besser bestimmbar. Für den konkreten Fall kann damit in Absprache mit den Behörden eine Ueberschreitung von gesetzlichen Grenzwerten durchaus vernünftig sein, solange sie keine gesundheitliche Gefährdung darstellt. Gesundheitliche Risiken sind dann für diesen bestimmten Fall abzuschätzen, der Schaden muss soweit behoben werden, bis seine Folgen toxikologisch verantwortbar sind. Es geht bei der Schadenbehebung nicht nur um die unmittelbaren Risiken für

Mensch, Tiere und Pflanzen, sondern die durch die Sanierung verursachte Umweltbelastung muss ebenfalls berücksichtigt werden. Aufwand und Nutzen müssen sich die Waage halten. Es ist unsinnig, einen vorhandenen Schaden soweit zu sanieren, bis sämtliche gesetzlichen Grenzwerte erreicht sind und dabei die Umwelt durch riesige Energieaufwendung und Schadstoffemission (z.B. Verbrennung) im Endeffekt weit stärker zu belasten. Nun spielen bei der Frage nach dem Ausmass einer Sanierung oft politische Ueberlegungen mit, die eventuell zu härteren Massnahmen Anlass geben als dies toxikologisch nötig wäre. Dies ist völlig akzeptabel, nur müssen sich die an der Entscheidung beteiligten Personen darüber im klaren sein, dass dann politische, nicht die Gesundheitsgefährdung betreffende Ueberlegungen wegweisend sind.

2.3. Schadstoffe im Grundwasser

Da Quecksilberverbindungen verglichen mit den Pestiziden in viel geringerer Menge freigesetzt wurden, ist in Schweizerhalle eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten. Analysen haben auch nie erhöhte Quecksilberwerte gezeigt. Deshalb wird in den folgenden Abschnitten nur auf die Pestizide eingegangen.

2.4. ADI-Konzept

Die Frage nach den toxikologisch zulässigen Pestizidmengen im Trinkwasser kann beispielsweise mit dem ADI-Konzept in Verbindung gebracht werden. Die folgende Tabelle basiert auf der Annahme eines täglichen Trinkwasserkonsums von 2 Litern pro Person, bei 10 kg Körpergewicht (BW) wurde von 1 Liter ausgegangen. Für die nach ADI-Konzept zulässigen Mengen der einzelnen Pestizide im Trinkwasser ergibt sich folgendes Bild:

Substanz	ADI ($\mu\text{g/kg}$)	70 kg BW	50 kg BW	10 kg BW
		$\mu\text{g/l}$ Trinkwasser		
Disulfoton	2	70	50	20
Etrimphos	3	105	75	30
Thiometon	3	105	75	30
Oxadixyl	125	4380	3130	1250

Quellen: [3], [9]

Mit der oben angegebenen Menge ist der ADI "ausgeschöpft". Nach Empfehlungen der WHO sollen die Trinkwassergrenzwerte 1% des ADI-

Wertes (berechnet für 70 kg BW) nicht übersteigen. Man muss sich allerdings bewusst sein, dass dies wiederum eine willkürliche, nicht toxikologisch begründete Grenze ist. So setzt beispielsweise Holland seinen Grenzwert bei 10% des ADI an.

Die folgende Tabelle gibt diejenigen Substanzmengen an, die für ein bestimmtes Körpergewicht 1% resp. 10% des ADI ausmachen:

BW	70 kg	50 kg	10 kg	70 kg	50 kg	10 kg
	1% des ADI (WHO)			10% des ADI (NL)		
	µg/l Trinkwasser					
Disulfoton	0.7	0.5	0.2	7	5	2
Etrimphos	1	0.75	0.3	10	7.5	3
Thiometon	1	0.75	0.3	10	7.5	3
Oxadixyl	44	31	13	440	310	125

Um eine Beziehung zu den Nahrungsmitteln herzustellen, werden in der folgenden Tabelle diejenigen Mengen von Nahrungsmitteln aufgeführt, die unter Berücksichtigung der Pestizidrichtwerte gemäss FIV [4] den ADI ebenfalls ausschöpfen (für ein Körpergewicht von 70 kg):

	Etrimphos	Formothion	Thiometon	Oxadixyl	Parathion
	Gramm pro Tag				
Salat	350				
Äpfel	520				
Zwetschen	1050				
Kirschen		1700			
Trauben				1400	
Obst allg.			520		700
Bohnen	520				
Gemüse allg.					700

Zu bemerken ist noch, dass aus den freigesetzten Pestiziden Metaboliten gebildet werden können. Ueber deren Toxizität liegen nur wenige Daten vor; teilweise sind sie etwas stärker toxisch als die Ausgangssubstanzen. Die Unterschiede dürften jedoch allgemein wenig ausmachen (Faktor 2 bis 3, ev. bis 5). Ob und in welcher Konzentration die entstandenen Metaboliten ins Grund-/Trinkwasser gelangen, muss noch untersucht werden. Ausgehend von den Chemodynamikstudien der EWI [5] ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass sich wegen der Metaboliten eine Gesundheitsgefährdung durch das Wasser erhöht.

2.5. Toxizität für Wasserorganismen und Pflanzen allgemein

PSE	EC ₅₀ Daphnien (3 h)	50 bis 5000 µg/l	[5]
	LC ₅₀ Fische (48 h)	5000 bis 40'000 µg/l	[5]
Oxadixyl	EC ₅₀ Daphnien (48 h)	500'000 µg/l	[3]
	LC ₅₀ Fische (96 h)	> 300'000 µg/l	[3]

Ueber die Toxizität gegenüber Pflanzen stehen momentan keine genauen Daten zur Verfügung. In [2] werden jedoch sowohl PSE als auch Oxadixyl als "gut pflanzenverträglich" bezeichnet, was durchaus logisch erscheint, weil diese Substanzen ja gegen Insekten- und Pilzbefall an Pflanzen angewendet werden.

2.6. Gesamtphilosophie

Zunächst muss darüber entschieden werden, ob für das Grundwasser die gleichen Anforderungen wie für das Trinkwasser gelten. Toxikologisch gesehen sollte aus den in Abschnitt 2.2. dargestellten Gründen klar unterschieden werden zwischen Grundwasser und Trinkwasser und Anforderungen bezüglich Reinheit an letzteres gestellt werden, weil vom Trinkwasser eine direkte Wirkung auf den Menschen ausgeht. Damit wird der konkrete Fall einer eventuellen Gesundheitsgefährdung vor aufwendige präventive Gesamtmassnahmen gestellt. Trotzdem müssen natürlich schädliche Effekte auf Wasserorganismen in die Ueberlegungen bezüglich zulässige Kontamination des Grundwassers miteinbezogen werden.

Die in Abschnitt 2.3. dargestellten Werte machen deutlich, dass es eine Ermessensfrage ist, wie hoch im Falle von SABO (d.h. nach bereits eingetretenem Störfall, nicht prophylaktisch unter Normalbedingungen) der Grenzwert im Trinkwasser angesetzt werden soll, da zudem der ADI ebenfalls mit Sicherheitsfaktoren behaftet ist und eine Ueberschreitung nicht sofort eine gesundheitliche Gefährdung bedeutet. Damit auch ein Kleinkind, d.h. ein empfindlicher Teil unserer Bevölkerung, berücksichtigt wird, schlagen wir vor, bei der Berechnung der zulässigen Pestizidkonzentration von 10 kg Körpergewicht auszugehen. Dann sind in der täglich konsumierten Wassermenge Pestizidkonzentrationen, die in der Grössenordnung von 50% bis 100% des ADI liegen, toxikologisch für die Bevölkerung unbedenklich. Weil Oxadixyl viel weniger toxisch ist und im Grundwasser von Schweizerhalle nur etwa einen Drittel der gesamten Pestizidmenge ausmacht, sind für die zulässige Pestizidmenge die PSE massgebend. Wegen des gleichen Wirkungsmechanismus kann

der tiefste ADI ($2 \mu\text{g/kg BW}$) als Summen-ADI für die PSE angenommen werden. Somit liegt die aus unserer Sicht nicht gesundheitsgefährdende Menge PSE bei 10 bis $20 \mu\text{g/l}$. Für die Umwelt sollte damit ebenfalls kein Risiko bestehen. In Absprache mit den Behörden muss festgelegt werden, welche Konzentrationen toxikologisch und politisch vertretbar sind.

3. Boden

Wie in Abschnitt 1 festgestellt wurde, ist ausgehend vom Boden vor allem eine Schädigung durch entstehenden Staub zu beachten (oral, dermal oder durch Inhalation). Der MAK-Wert liegt für Feinstaub, d.h. für Partikel $<7\mu\text{m}$, bei 6 mg/m^3 . Meist beträgt das Verhältnis von Feinstaub zu Gesamtstaub ca. 1:4, so dass sich daraus eine Gesamtstaubkonzentration von 25 mg/m^3 ergibt. Nach Angaben der SUVA werden jedoch bei einem Bodenaushub (im Gegensatz zu Arbeiten im Fels) diese Werte bei weitem nicht erreicht. Im folgenden wird daher eine Berechnung gemacht unter Annahme des MAK-Werts für Staub sowie für einen zehnfach tieferen Wert. Es wird gezeigt, wie hoch die Schadstoffmenge unter Einbezug der MAK-Werte der einzelnen Kontaminanten sein dürfte.

Die MAK-Werte liegen für die freigesetzten PSE zwischen 0.1 und 1 mg/m^3 Luft. Wenn von der unteren Grenze ausgegangen wird (MAK der PSE 0.1 mg/m^3 Luft), sind bei Einhaltung des Staub-MAK-Werts somit 17 g pro kg Feinstaub zulässig, dies entspricht unter Annahme des obengenannten Verhältnisses von 1:4 dann 4 g PSE pro kg Gesamtstaub. Unter Einbezug eines Faktors von 10 für eine niedrigere effektive Staubkonzentration ergeben sich 170 resp. 40 g PSE pro kg Staub. Diese Werte beinhalten die Summe aller PSE, da wegen des teilweise gleichen Wirkungsmechanismus additive Wirkungen zu erwarten sind. Für Quecksilber, dessen MAK mit 0.01 mg/m^3 (für organische Quecksilberverbindungen; für Quecksilberdampf 0.05 mg/m^3) angegeben wird, ergeben sich 1.7 g pro kg Feinstaub resp. 0.4 g pro kg Gesamtstaub. Bei zehnfach tieferen Staubkonzentrationen in der Luft erhöhen sich diese Werte auf 17 g resp. 4 g Quecksilber pro kg Staub.

Man muss sich im klaren sein, dass wegen der im Verhältnis zum Gewicht grösseren Oberfläche bei kleinen Partikeln, d.h. im Staub, die Schadstoffkonzentration viel grösser sein kann, als im Gesamtboden. Für die Risikobeurteilung ist deshalb nicht ausschlaggebend, wieviel Schadstoffe der Boden insgesamt enthält, sondern wie gross der Gehalt der einzelnen Partikelgrössenkategorien ist. Messungen und Berechnungen deuten darauf hin, dass im Staub etwa zehn- bis zwanzigmal höhere Schadstoffkonzentrationen auftreten können als im Gesamtboden.

In der folgenden Tabelle werden analog zu den vorgängig aufgeführten Staubkonzentrationen Bodenkonzentrationen angegeben, die unter Einbezug der MAK der PSE (0.1 mg/m^3) resp. der Quecksilberverbindungen (0.01 mg/m^3) bei Einhaltung eines Gesamtstaubgehalts von 25 mg/m^3 resp. eines zehnfach tieferen Wertes akzeptabel sind. Dabei wurde von einem Anteil von 5% Gesamtstaub ($<60 \mu\text{m}$) im Boden ausgegangen (d.h. Partikel in der Grösse des entstehenden Staubes). Es wurden zwei Annahmen getroffen für die möglichen höheren Schadstoffkonzentrationen im Staub gegenüber im Gesamtboden: 10 mal höher ($f=10$) und 20 mal höher ($f=20$).

	Schadstoffe im Staub (mg PSE/kg)	Schadstoffe im Boden (mg PSE/kg) f=10 f=20	
Gesamtstaub 25 mg/m^3	4000	580	390
Gesamtstaub 2.5 mg/m^3	40 000	5800	3900

	Schadstoffe im Staub (mg Hg/kg)	Schadstoffe im Boden (mg Hg/kg) f=10 f=20	
Gesamtstaub 25 mg/m^3	400	58	39
Gesamtstaub 2.5 mg/m^3	40 00	580	390

Da diese Berechnungen auf den MAK-Werten für PSE basieren und dabei der tiefste Wert verwendet wurde, können entstehende, ev. etwas stärker toxische Metaboliten vernachlässigt werden, da sie zudem in geringerer Menge auftreten als die Ausgangssubstanzen.

Für das Projekt SABO ist die Messung der bei Arbeiten auf dem Areal auftretenden Staubmengen wichtig. Erst dann kann festgelegt werden, wieviel Schadstoffe im Staub zu verantworten sind. Wenn eine Unterschreitung des MAK-Werts um Faktor zehn erreicht werden kann, so dürften die heute vorhandenen Bodenkonzentrationen aus toxikologischer Sicht unbedenklich sein. Dies bedeutet, dass bereits mit einer ineffizienten Reinigung des Bodenmaterials (bei der zudem die

Feinanteile, der Schluff, abgetrennt werden) eine direkte Gefahr ausgehend vom Boden nicht auftritt. Limitierend bei der Festlegung des Reinigungsziels ist somit die Verhinderung einer zu grossen Belastung des Grundwassers mit Schadstoffen.

4. Schlussfolgerung

Wenn davon ausgegangen wird, dass der kontaminierte Boden gereinigt wird, so ist für das Reinigungsziel nicht eine direkte Gefährdung durch den Boden massgebend, sondern die zu erwartende Schadstoffmenge im Grund-/Trinkwasser. Das heisst, dass mit den Behörden die als zulässig angesehenen Schadstoffmengen im Wasser bestimmt werden müssen (toxikologisch **und** politisch) und dann mit Hilfe von kontaminationshydrogeologischen Modellrechnungen abgeschätzt wird, welche Schadstoffkonzentrationen im Boden verantwortet werden können.

Literatur

- [1] EAWAG (1987): Verhalten von Chemikalien im Rhein, biologischer Zustand und Wiederbelebung des Rheins nach dem Brand in Schweizerhalle: zweiter Zwischenbericht an die Regierung des Kantons Basel-Landschaft.
- [2] Perkow W.: Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, 2. Auflage, 1983, Verlag Paul Paray.
- [3] The Pesticide Manual, a World Compendium, C.R. Worthing (Ed), 8. Auflage, 1987, British Coop. Protection Council.
- [4] FIV: Verordnung über Fremd- und Inhaltstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltstoffverordnung) vom 27. Feb. 1986, EDI Bern.
- [5] Organophosphorus Insecticides: a General Introduction, Environmental Health Criteria 63, 1986, World Health Organization, Geneva.
- [6] Datensammlung zur Toxikologie der Herbizide, Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, 1986, VCH.
- [7] Datensammlung zur Abschätzung des Gefährdungspotentials von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen für Gewässer, DVWK Schriften 74, 1985, Verlag Paul Parey.
- [8] EWI (1989): Grundlagen zur Beurteilung der Gefährdung von Mensch und Umwelt als Folge der Bodenkontamination. In Bearbeitung.
- [9] Abschätzung der Sandoz, persönliche Mitteilung.