

Texte 13/02

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 298 74 246
UBA-FB 000203

Vorsorgewerte/-Anforderungen für Böden

Fachkonzept zur Ermittlung von Erheblichkeitsschwellen gemäß §9 Abs. 1 Punkt 2 BbodSchV
(„Stoffliche Eignung in besonderem Maße“ und „erhebliche Anreicherung“)

Entwicklung – Anwendung - Fortschreibungsbedarf

Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie
(Fh-IUCT), Schmallenberg

Institutsleitung:

Prof. Dr. Werner Klein

Projektleitung:

Dr. Werner Kördel

Bearbeitung:

Dr. Monika Herrchen

Dr. Johannes Vollmer

Dr. Dieter Hennecke

Dr. Michael Klein

Alexandra Storm

Zusammenfassung und Empfehlungen

Das Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG) vom 17.3.1998 [Anonymus, 1998] betrachtet zum einen Vorsorgeaspekte und hat zum anderen die Gefahrenabwehr zum Ziel, die ihrerseits Vorgaben für die Sanierung macht. Während die Gefahrenabwehr mehr retrospektiv zu betrachten ist, soll die prospektive Vorsorge einen langfristig guten Zustand der Böden unter Erhalt aller Bodenfunktionen sicherstellen. Dieser langfristige Schutz hat zum Ziel, die Nutzungsmöglichkeiten eines Bodens zu erhalten. Damit dürfen Vorsorgewerte nicht nutzungsabhängig – und damit eingeschränkt – definiert werden, da dies dem Ziel des Multifunktionalitäts-Erhaltes entgegenwirkt und einen Nutzungswandel in Richtung auf minderwertige Nutzungen induziert.

Gemäß § 8 BBodSchG ist der Vorsorgewert gekennzeichnet durch die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung durch zusätzliche Stoffeinträge. Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen durch zusätzliche Schadstoffeinträge ist in der Regel dann zu besorgen, wenn

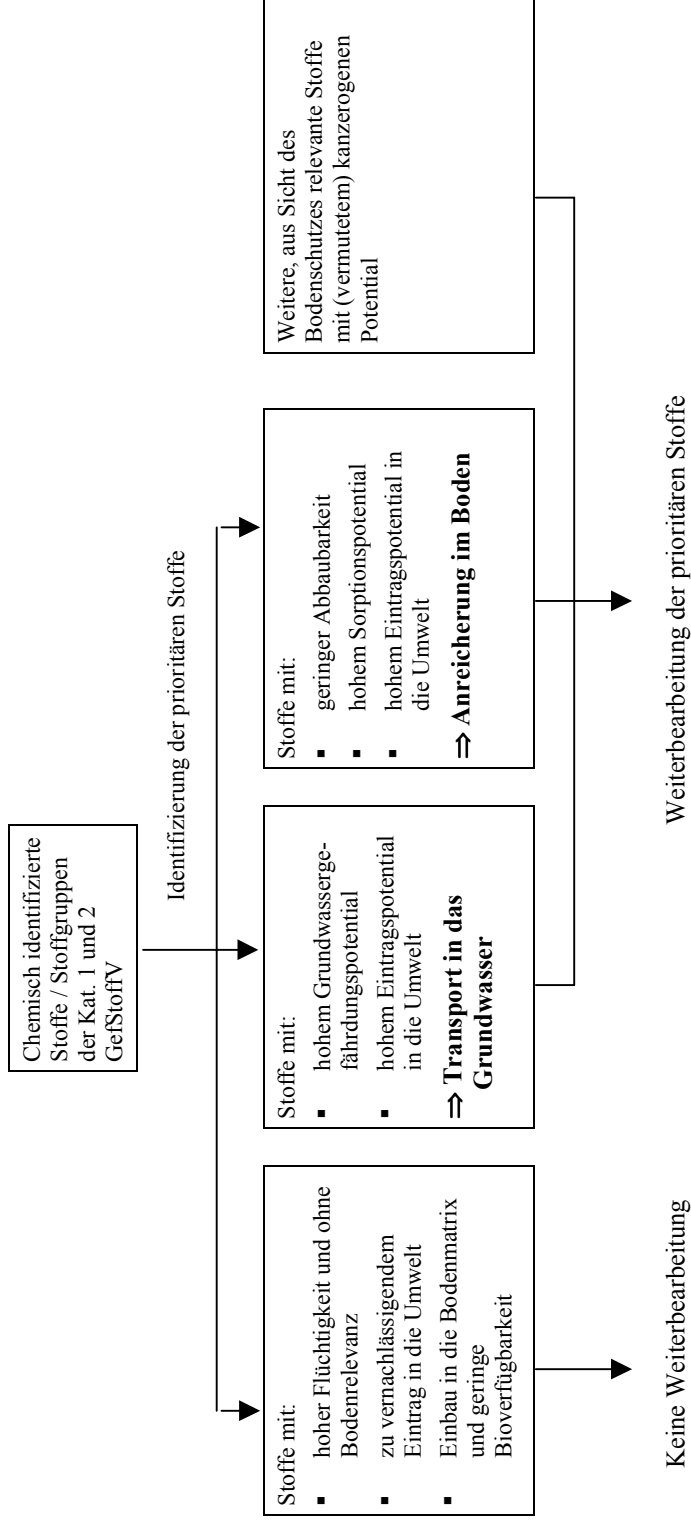
1. Schadstoffgehalte im Boden vorliegen, die die Vorsorgewerte überschreiten,
2. eine **erhebliche Anreicherung** von anderen Schadstoffen erfolgt, die aufgrund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften **in besonderem Maße geeignet** sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen. Einschlägigerweise wird auf die Stoffe der Kategorien 1 und 2 nach §4a Abs. 1 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [Anonymus, 1999b] hingewiesen.

Hinsichtlich möglicher Anordnungen gemäß BBodSchG (§ 7) wird unterschieden, ob die Vorsorgeanforderungen durch Überschreiten der Vorsorgewerte ausgelöst werden oder ob sie sich durch Einträge der oben in Nr. 2 angesprochenen Schadstoffe ergeben. Bei Stoffen mit kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischen Eigenschaften ist das Minimierungsgebot zu beachten, und ihre Einträge „sind ... so weit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar zu begrenzen“ (§ 10 Abs. 2, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)) [Anonymus, 1999c].

Dementsprechend wurde die Aufgabe gestellt, ein Fachkonzept zu erstellen, das die Bestimmungen des BBodSchG und der BBodSchV umsetzt und fachlich ausfüllt. Das entwickelte Fachkonzept gliedert sich in vier logisch aufeinander aufbauende Schritte:

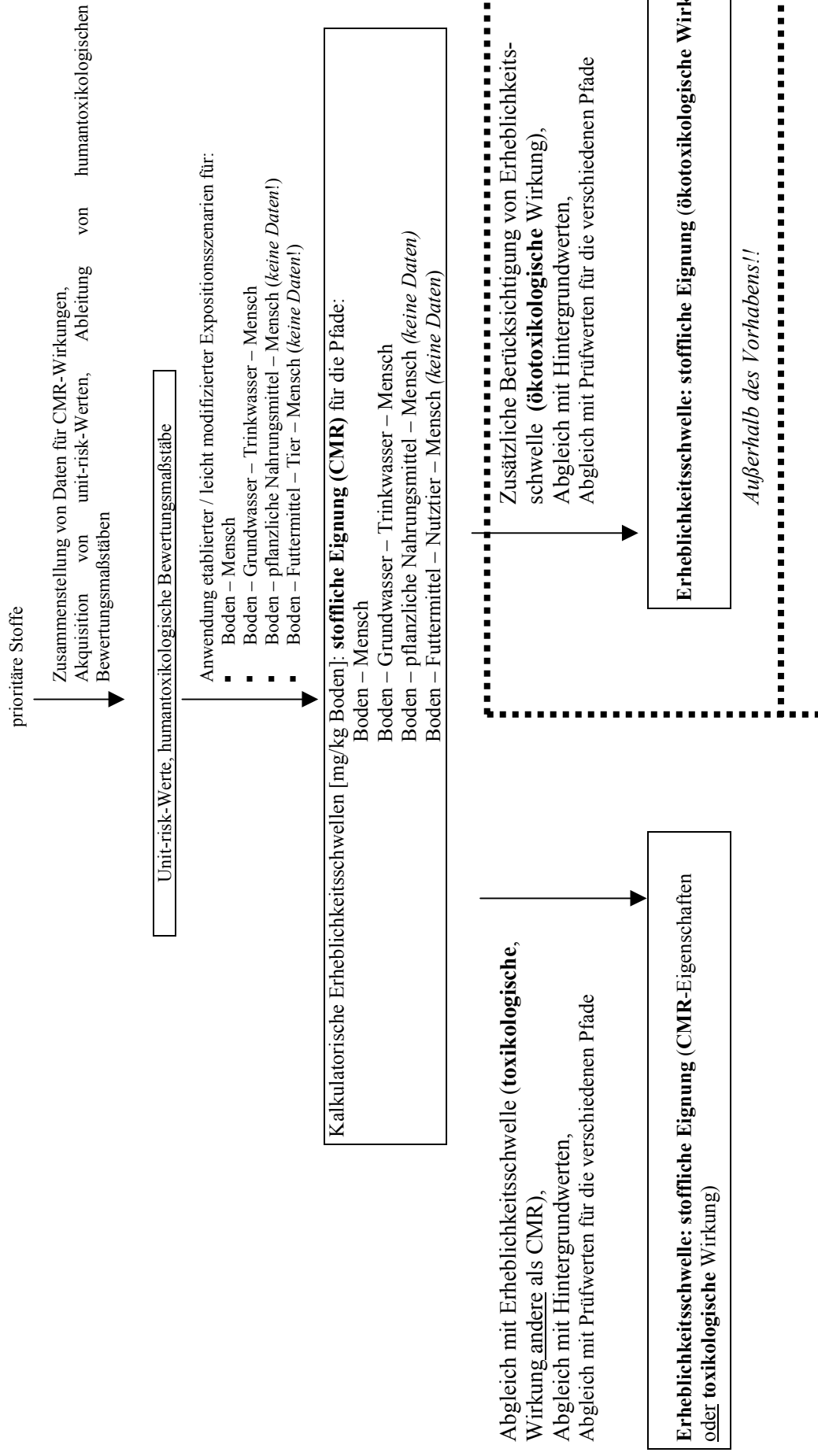
1. Vorauswahl der Stoffe
2. Ableitung der Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung in besonderem Maße“
3. Bestimmung standortbezogener Anreicherung
4. Ableitung der Erheblichkeitsschwellen für „erhebliche Anreicherung“

1. Schritt: Vorauswahl der Stoffe (Fokus auf CMR-Eigenschaften)



Fachkonzept: Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung in besonderem Maße“ und „erhebliche Anreicherung“

2. Schritt: Ableitung der Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung“



Fachkonzept: Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung in besonderem Maße“ und „erhebliche Anreicherung“

3. Schritt: Bestimmung standortbezogener Anreicherung

Anreicherung: Eintrag > Eliminierung

Standortbezogene Modellierung unter Berücksichtigung von:

a) Stoffprozesse im Boden:

- Sorption
- Abbau
- Lipophilie
- Transport
- Verflüchtigung

▪ Eliminierung durch Aufnahme in Bodenorganismen und Pflanzen

b) Bodeneigenschaften

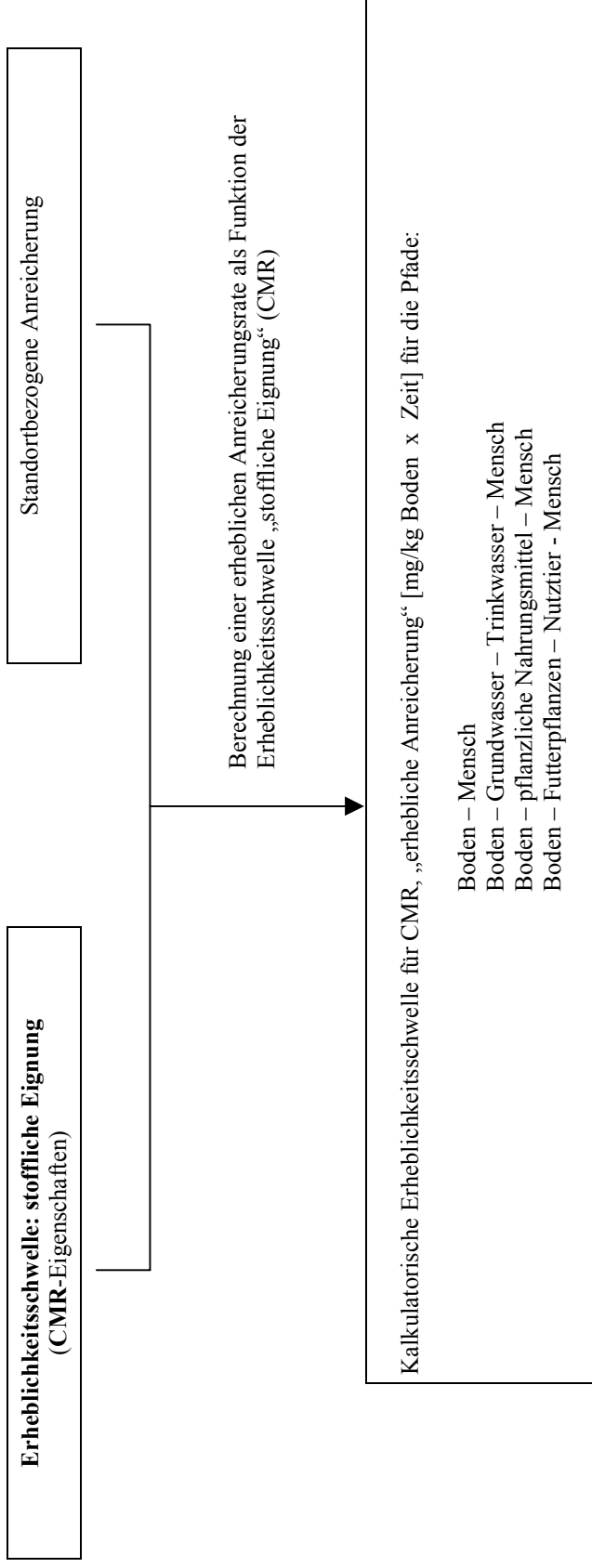
c) Klimabedingungen

Standortbezogene Anreicherung

Fachkonzept: Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung in besonderem Maße“ und „erhebliche Anreicherung“

4. Schritt: Bestimmung kalkulatorischer Erheblichkeitsschwellen für erhebliche Anreicherung, CMR-Wirkungen

(analog für andere toxische Wirkungen)



Nachdem im ersten Schritt die in Hinblick auf ihre Wirkung sowie die in Hinblick auf ihre Boden- respektive Grundwasserelevanz **prioritären Stoffe identifiziert** werden, können im zweiten Schritt die entsprechenden **Erheblichkeitsschwellen** für die **human- und ökotoxikologischen Wirkungen** („stoffliche Eignung – für nachteilige Auswirkungen – in besonderem Maße“) berechnet werden. Bei den toxischen Wirkungen ist weiter zwischen CMR-Eigenschaften und anderen toxischen Wirkungen zu differenzieren; die Erheblichkeitsschwellen sollten für die Pfade Boden – Mensch, Boden – Grundwasser – Trinkwasser – Mensch, Boden – pflanzliche Nahrungsmittel – Mensch, Boden – Futterpflanzen – Nutztiere – Mensch und Boden – Bodenorganismen abgeleitet werden.

Auf der dritten Stufe werden für jeden der prioritären Stoffe **standortbezogene Anreicherungen** bestimmt, die stoffbezogene Prozesse im Boden, Bodeneigenschaften und Klimabedingungen berücksichtigen. Unter Kombination der standortbezogenen Anreicherung und der Erheblichkeitsschwelle „stoffliche Eignung in besonderem Maße“ kann die **erhebliche Anreicherungsrate** als Funktion der Erheblichkeitsschwelle „stoffliche Eignung“ berechnet werden.

Im Rahmen der Vorhabensbearbeitung wurden Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung, CMR-Eigenschaften“ für die Pfade „Boden-Mensch“ und „Boden – Grundwasser – Trinkwasser – Mensch) abgeleitet. Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung“ für andere toxikologische Wirkungen, für ökotoxikologische Wirkungen und für andere Pfade sowie Erheblichkeitsschwellen für „erhebliche Anreicherung“ wurden nicht abgeleitet, da dies entweder absprachegemäß außerhalb des Vorhabens war oder aber die Datenlage eine Bearbeitung zum Erhalt belastbarer Ergebnisse nicht zuließ.

Unter Berücksichtigung aller Möglichkeiten werden folgende **Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung in besonderem Maße für CMR-Eigenschaften“ vorgeschlagen:**

Tabelle 1: Berechnete Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung“ für Stoffe mit CMR-Eigenschaften

Substanz	CAS- Nr.	berechnete Erheblichkeitsschwelle „stoffliche Eignung“ (Pfad: Boden - Mensch) [mg/kg]	berechnete Erheblichkeitsschwelle „stoffliche Eignung“ (Pfad: Boden – Grundwasser – Trinkwasser - Mensch)[µg/l] (für Risiko 10^{-5} / Risiko 10^{-6})	Bemerkungen: Klassifizierung; Stoffliste
1,2-Dichlorethan	107-06-2	30	4 / 0,5	Carc. Cat. 2; GefStoffV
2,2'-Dichlor-4,4'-methylen-dianilin	101-14-4	2	0,2 / 0,02	Carc. Cat. 2; GefStoffV
2-Ethoxyethanol	110-80-5	-	2000	Repr.Cat.2, GefStoffV
2-Ethoxyethylacetat	111-15-9	-	8000	Repr.Cat.2, GefStoffV
3,3'-Dichlorbenzidin	91-94-4	0,5	1 / 0,1	Carc. Cat. 2; GefStoffV
4,4'-Bi-o-toluidin	119-93-7	0,1	0,01 / 0,001	Carc. Cat. 2; GefStoffV
4,4'-Diamino-diphenyl-methan	101-77-9	-	0,3 / 0,03	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Acrylamid	79-06-1	-	0,1 / 0,01	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Acrylnitril	107-13-1	-	1 / 0,1	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Benzol	71-43-2	-	6 / 1	Carc. Cat. 1; GefStoffV
Beryllium und seine Verbindungen	7440-41-7	3	Keine Kanzerogenität bei oraler Aufnahme	Carc Cat.2, aus Sicht des Bodenschutzes prioritär
Bis(2-methoxyethyl)-phthalat	117-82-8	5800	7	Repr.Cat.2, GefStoffV
Dimethylnitrosamin	62-75-9	-	0,007 / 0,0007	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Hexachlorbenzol	118-74-1	2	0,2 / 0,02	Carc Cat.2, aus Sicht des Bodenschutzes prioritär
Hexamethylphosphorsäuretriamid	680-31-9	-	Datenlage nicht ausreichend	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Hydrazobenzol	122-66-7	3	0,5 / ,005	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Nitrosodipropylamin	621-64-7	0,4	-	Carc. Cat. 2; GefStoffV
o-Toluidin	95-53-4	-	5 / 0,5	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Vinylchlorid	75-01-4	-	0,2 / 0,02	Carc. Cat. 1; GefStoffV

Es konnten folgende **Schlußfolgerungen** gezogen werden:

Das entwickelte Fachkonzept zur Ableitung von Erheblichkeitsschwellen für die Bereiche „stoffliche Eignung in besonderem Maße“ und „erhebliche Anreicherung“ ist in sich geschlossen und berücksichtigt alle in §9 Abs. 1 Punkt 2 der BBodSchV angesprochenen Aspekte sowie darüber hinausgehende Bereiche. Es konnten jedoch Fortschreibungsbedarf und eine Reihe von Defiziten identifiziert werden, die sowohl in abgesprochenen Einschränkungen bei der Vorhabensbearbeitung als auch in Defiziten bei zur Umsetzung benötigten Daten und Informationen begründet sind. Die wesentlichen Punkte einschließlich Empfehlungen können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- §9 Abs. 1 Punkt 2 der BBodSchV verknüpft die Stoffeigenschaften „CMR“ und „Toxizität“ durch ein „**oder**“ (eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die auf Grund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden **oder** toxischen Eigenschaften in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen). Da das entwickelte Auswahlverfahren zur Identifizierung prioritärer Stoffe absprachegemäß auf Chemikalien mit CMR-Eigenschaften fokussiert ist, bedarf es an dieser Stelle einer Weiterentwicklung, die die gezielte Auswahl (hoch)-toxischer Stoffe oder Stoffe mit ausgewählten Wirkeigenschaften zum Ziel haben sollte. Nachfolgend sind einige Stoffe beispielhaft genannt: Platin und Platinverbindungen, Organozinn-Verbindungen, Diethylhexylphthalat, Nonylphenol, Octachlorstyrol, Umwandlungsprodukte wie Trichloressigsäure und Toxaphen, die bekanntermaßen zu Umweltproblemen in Boden und Grundwasser führen können.
- Es wäre empfehlenswert entweder auf Basis einer Expertenrunde weitere Stoffe zu identifizieren, auf die das Fachkonzept angewandt werden soll oder aber das Fachkonzept dahingehend weiter zu entwickeln, daß eine Auswahl schematisch-systematisch getroffen werden kann.
- Stoffe und Stoffgruppen, die nicht im Rahmen des Chemikaliengesetzes, sondern in anderen Direktiven geregelt werden (Beispiele: Pflanzenschutzmittel, Biozide, Tierarzneimittel) werden durch das vorgegebene Auswahlverfahren nicht berücksichtigt; hier besteht Diskussionsbedarf für ein weiteres Vorgehen.
- Die Ableitung von Erheblichkeitsschwellen für den Bereich „stoffliche Eignung, **ökotoxikologische** Wirkungen“ ist im Fachkonzept an geeigneter Stelle vorgesehen; jedoch fand absprachegemäß keine Umsetzung im Rahmen des Vorhabens statt. Eine weitergehende Differenzierung des Konzeptes sollte nicht notwendig sein. Allerdings wird die aktuelle Datenlage zur ökotoxikologischen Wirkung organischer Stoffe auf Bodenorganismen als nicht ausreichend zur Umsetzung des beschriebenen Ansatzes angesehen, sondern bedarf einer experimentellen Erweiterung.
- Das Fachkonzept sieht zur Ableitung von Erheblichkeitsschwellen für „stoffliche Eignung“, CMR, respektive für „andere toxikologische Wirkungen“ die Betrachtung verschiedener Expositionspfade zum Menschen vor. Dabei handelt es sich um die Pfade „Boden – Mensch“, „Boden – pflanzliche Nahrungsmittel – Mensch“ sowie „Boden – Futterpflanzen – Nutztiere – Mensch“. Die Ableitung der Erheblichkeitsschwellen bedarf der Kenntnis der Humanexposition und damit

des Transfers organischer Stoffe vom Boden in die Nahrungs- oder Futterpflanze. Diese liegt in der benötigten Form bisher nur für wenige organische Schadstoffe vor (zum Beispiel für: Dioxine, Furane, DDT, Lindan, PCBs etc.; Literatur: H. Kienz et al.: Literaturlauswertung, Transferpfade organischer Umweltchemikalien, UBA FKZ 107 03 007/14, 1992; A. Nestler, Transfer von HCH, PCBs und PAHs in Pfad Boden-Pflanze. Projektarbeit TU Berlin, 2000), und müßte für die hier betrachteten Stoffe experimentell erhoben werden.

- Das Fachkonzept sieht zur Ableitung von Erheblichkeitsschwellen für „erhebliche Anreicherung“ die Bestimmung einer standortbezogener Anreicherung vor. Informationen, die – auch bei Nutzung von Rechenmodellen – für die Bestimmung von erheblichen Anreicherungsdaten benötigt werden, liegen standortbezogen nicht vor. Bei diesen Informationen handelt es sich beispielsweise um stoffbezogene Prozesse im Boden, um Bodeneigenschaften sowie um Klimabedingungen. Auch hier kann Fortschreibungsbedarf identifiziert werden.
- Zur verbesserten Differenzierung zwischen Metallspezies (Beispiel: As^{3+} , As^{5+} ; Cr^{3+} , Cr^{6+}) sowie organischen und anorganischen Metallverbindungen sollte die Analytik in den Kompartimenten Wasser und Boden verbessert werden.

Summary and Recommendations

The Federal Soil Protection Act of 17 March 1998 (BBodSchG) [Anonymus, 1998] aims „to protect or restore the functions of the soil on a permanent sustainable basis. These actions shall include prevention of harmful soil changes (to the soil), rehabilitation of the soil, of contaminated sites and of waters contaminated by such sites; and precautions against negative soil impacts. Where impacts are made on the soil, disruptions of its natural functions and of its function as an archive of natural and cultural history should be avoided as far as possible.“ (Article 1)

Thus, sustainable protection of all soil functions also has to comprise all possible soil uses. As a consequence thereof, precautionary values („soil values which, if exceeded, shall normally mean there is reason that concern for a harmful soil change exists, taking geogenic or wide-spread, settlement-related pollutant concentrations into account“, Article 8 (2)) are not to be defined for selected uses (as trigger values are). Any restrictions would contradict the objective of maintaining multi-functionality and thus encourage quality changes towards inferior uses.

„Precautionary measures shall be required if there is concern that harmful soil change could occur as a result of .. complex impacts of a use on the soil's functions“ (Article 7). Harmful soil changes also could occur due to additional impact of chemical substances. According to the Soil Protection Ordinance (Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung, BBodSchV) [Anonymus, 1999c] concern due to additional impact of chemical substances arises,

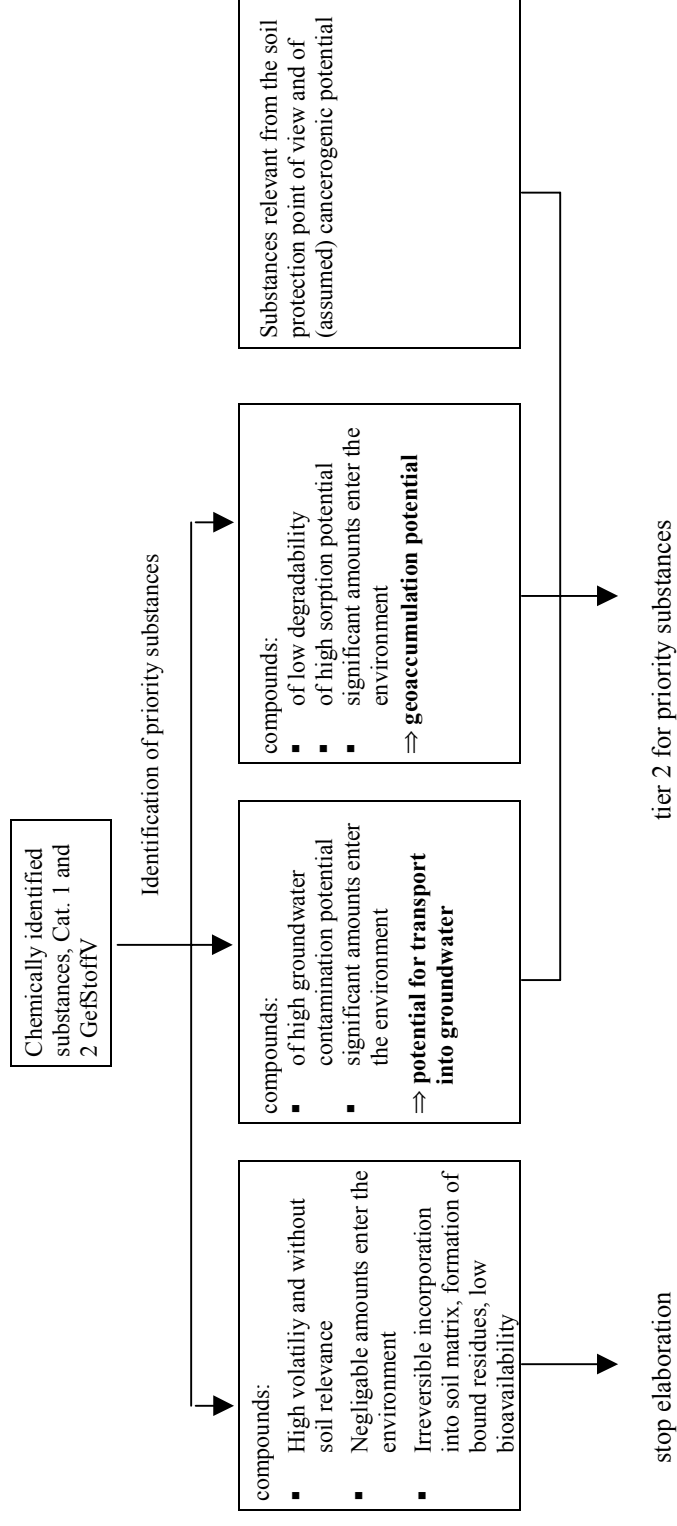
....in case of relevant accumulation of other hazardous substances which give reason to harmful soil changes due to their cancerogenic, mutagenic, reproduction toxic or toxic properties (*remark: this is not an official translation of the Ordinance!*). Usually, the substances classified into categories 1 and 2 according to §4a Abs. 1 of the Federal Hazardous Substances Ordinance (Gefahrstoffverordnung, GefStoffV) [Anonymus, 1999b] are referred to.

In respect to possible obligations according to Article 7, BBodSchG, a differentiation is made between the exceedance of precautionary values and the additional impact of „other substances“ with cmr-properties. The latter requires a restrictive minimization and thus a technically possible and economically defendable reduction of the compounds.

It was the aim of the project to develop a technical guidance which makes the requirements both of the Federal Soil Protection Act and the Soil Protection Ordinance operable and technically feasible.

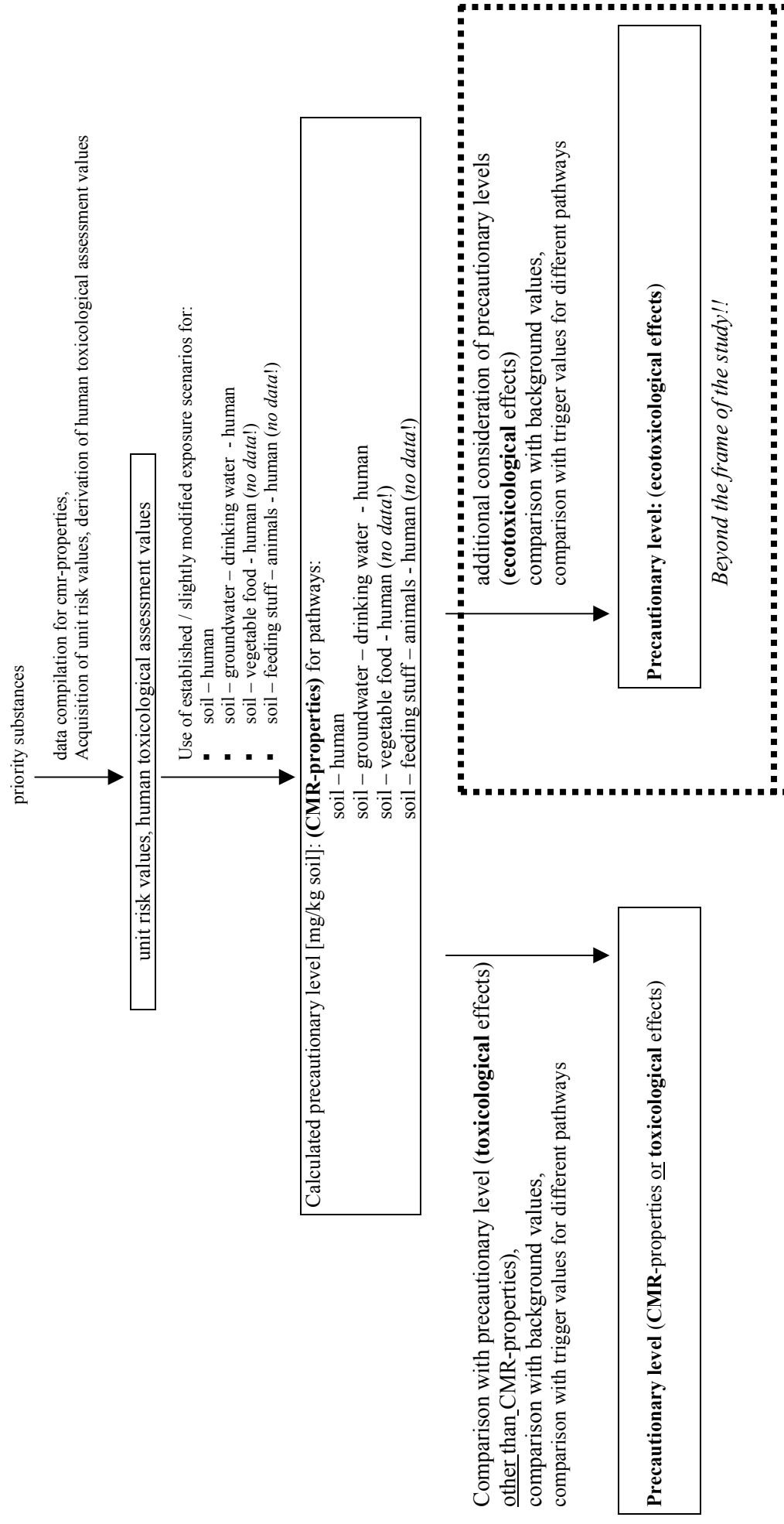
The developed guidance comprises principles to derive precautionary values and defines the term „significant accumulation“. It is a stepped approach with four different tiers:

1. tier: preselection of priority substances (focus on cmr-properties)

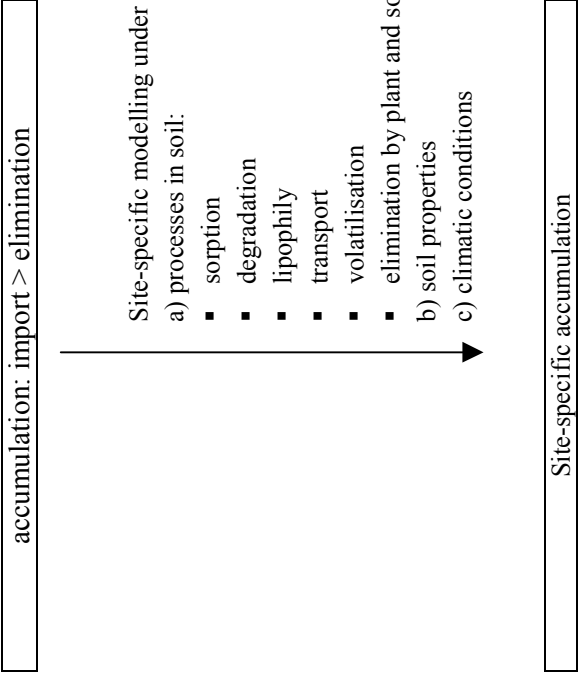


Guidance Document: derivation of precautionary levels and „accumulation of no concern“

2. tier: derivation of precautionary levels

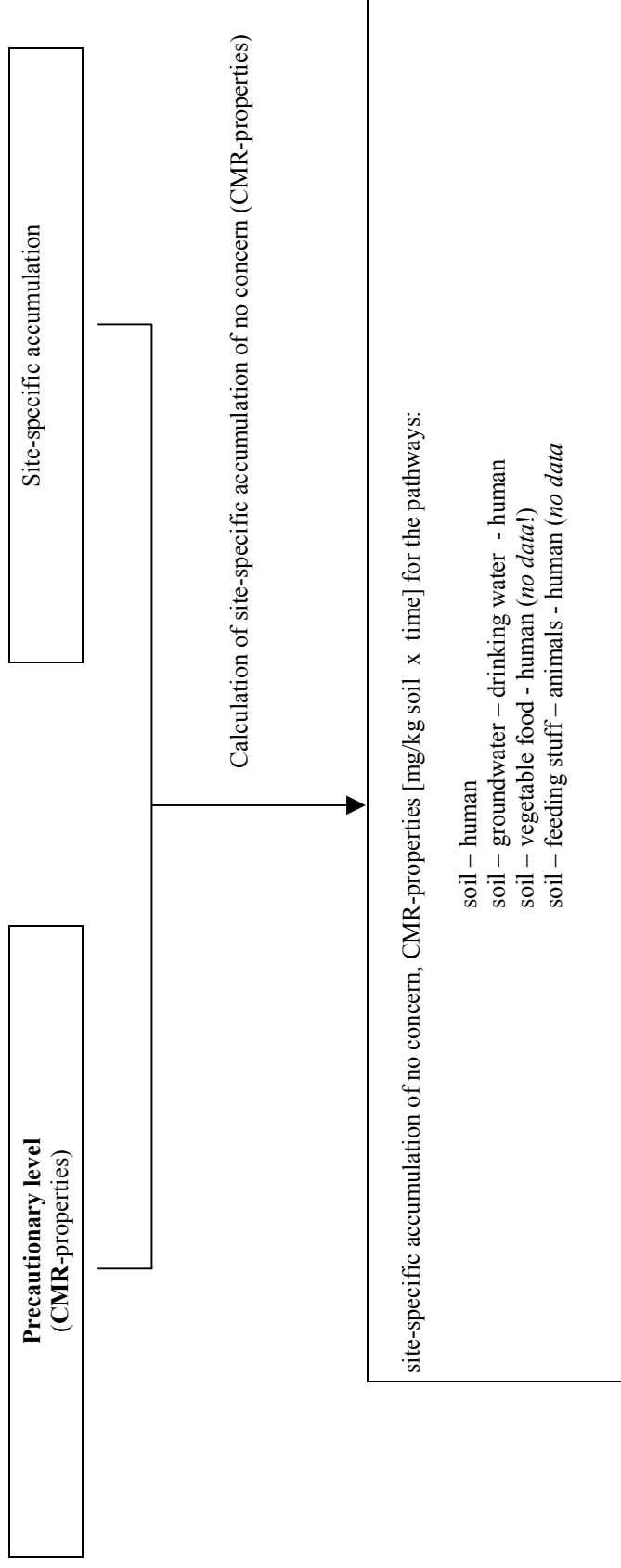


3. tier: assessment of site-specific accumulation



4. tier: Determination of site-specific accumulation of no concern, cmr-properties

(analogously for other toxic effects)



1. Preselection of substances
2. Derivation of precautionary levels considering cancerogenic, mutagenic and reproduction-toxic properties (cmr-properties), other toxic effects or ecotoxicological effects.
3. Assessment of site-specific accumulation
4. Derivation of a site-specific accumulation of no concern.

After a preselection of priority substances considering their potential for soil and groundwater contamination the precautionary levels are determined. Precautionary levels are differentiated not only according to cmr-properties, other toxic and ecotoxicological effects but also according to exposure pathways, which are „soil – human“, „soil – groundwater – drinking water – human“, „soil – vegetable food – human“, „soil – feeding stuff – animals – human“ and „soil – soil organisms“. On the third tier a site-specific accumulation for each priority compound is determined. The site-specific accumulation takes into account for example fate processes in soil, soil properties and climatic conditions. The combination of site-specific accumulation and precautionary levels results in a site-specific accumulation of no concern.

In the course of the project precautionary levels considering cmr-properties and for the pathways „soil – human“ and „soil – groundwater – drinking water – human“ were derived. Other aspects such as ecotoxicological effects, other pathways and the site-specific accumulation of no concern were not taken into account either because there were – as previously agreed upon – beyond the framework of the study or due to missing data and further information.

The following precautionary levels were suggested:

Table 1: calculated precautionary values for compounds with cmr-properties

Substance	CAS- No.	calculated precautionary value (path: soil - human) [mg/kg]	calculated precautionary value (path: soil – groundwater – drinking water – human) [µg/l] (for risk at 10^{-5} / risk at 10^{-6})	remarks: classification; substance list
1,2-Dichloroethane	107-06-2	30	4 / 0,5	Carc. Cat. 2; GefStoffV
2,2'-Dichloro-4,4'-methylene-dianiline	101-14-4	2	0,2 / 0,02	Carc. Cat. 2; GefStoffV
2-Ethoxyethanol	110-80-5	-	2000	Repr.Cat.2, GefStoffV
2-Ethoxyethylacetate	111-15-9	-	8000	Repr.Cat.2, GefStoffV
3,3'-Dichlorobenzidine	91-94-4	0,5	1 / 0,1	Carc. Cat. 2; GefStoffV
4,4'-Bi-o-toluidine	119-93-7	0,1	0,01 / 0,001	Carc. Cat. 2; GefStoffV
4,4'-Diamino-diphenyl-methane	101-77-9	-	0,3 / 0,03	Carc. Cat. 2; GefStoffV

Substance	CAS- No.	calculated precautionary value (path: soil - human) [mg/kg]	calculated precautionary value (path: soil – groundwater – drinking water – human) [µg/l] (for risk at 10 ⁻⁵ / risk at 10 ⁻⁶)	remarks: classification; substance list
Acrylamide	79-06-1	-	0,1 / 0,01	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Acrylnitrile	107-13-1	-	1 / 0,1	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Benzene	71-43-2	-	6 / 1	Carc. Cat. 1; GefStoffV
Beryllium and its compounds	7440-41-7	3	No cancerogenic effects upon oral uptake	Carc Cat.2, relevant substance from the soil protection point of view
Bis(2-methoxyethyl) - phthalate	117-82-8	5800	7	Repr.Cat.2, GefStoffV
Dimethylnitrosamine	62-75-9	-	0,007 / 0,0007	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Hexachlorobenzene (HCB)	118-74-1	2	0,2 / 0,02	Carc Cat.2, relevant substance from the soil protection point of view
Hexamethylphosphoric acid triamide	680-31-9	-	insufficient data base	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Hydrazo-benzene	122-66-7	3	0,5 / ,005	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Nitrosodipropylamine	621-64-7	0,4	-	Carc. Cat. 2; GefStoffV
o-Toluidine	95-53-4	-	5 / 0,5	Carc. Cat. 2; GefStoffV
Vinylchloride	75-01-4	-	0,2 / 0,02	Carc. Cat. 1; GefStoffV

The following conclusion were drawn:

The guidance document to derive precautionary levels and site-specific accumulation of no concern considers all aspects given in §9 Abs. 1 pt 2 BBodSchV as well as further aspects. It is a straight forward concept and feasible. Upon elaboration some deficiencies and limitations were identified which were due to data gaps. Furthermore, it was previously agreed upon not to implement each aspect but to focus on cmr-properties and the pathways „soil – human“ and „soil – groundwater – drinking water – human“. Main recommendations can be given as:

- §9 Abs. 1 pt 2 BBodSchV combines cmr-properties and other toxicological effects by „or“ („... significant accumulation of substances with cmr-properties **or** toxicological properties...“). The concept developed herein focuses – as agreed upon – on cmr-properties. Thus, it has to be further developed in order to systematically select priority substances of high toxicological concern or of specific endpoints such as endocrine disruptors. Priority compounds in this context might be: platinum, tributyl tin compounds, mono- and dibutyl tin compounds, phthalates, nonylphenols, octachlorostyrene, and degradation products such as trichloroacetic acid and toxaphen.

It is recommended to identify such priority substances either by expert judgement

or by an extension of the present concept.

- Compounds and groups of compounds which are not regulated under the Chemical Law but under other Directives (such as plant protection products, biocides and veterinary products) are not considered following the proposed scheme. The further proceeding should be discussed in detail.
- The developed concept foresees the derivation of precautionary levels for ecotoxicological effects. However, it was agreed upon not to focus on this aspect. An application of the concept – outside the study – is assumed to be very limited due to significant data gaps. It is suggested to perform appropriate experimental studies.
- The concept foresees the consideration of various exposure pathways which are „soil – human“, „soil – groundwater – drinking water – human“, soil – vegetable food – human“ and „soil – feeding stuff – animals – human“. Calculation of precautionary levels requires knowledge on human exposure and thus on the transfer coefficients for the different pathways. Apart from few persistent organic pollutants (POPs, e.g., dioxines, DDT, lindan, PCBs etc.) transfer coefficients are not known but have to be determined experimentally.
- The concept also aims at the assessment of site-specific accumulation. For such an assessment detailed site-specific information on soil properties, climatic conditions and substance properties is needed, even if mathematical simulation models are to be applied. Again, an experimental data acquisition needs to be performed prior to an application of the last tiers of the concept.
- In order to improve the differentiation between metal species (for example: As^{3+} , As^{5+} ; Cr^{3+} and Cr^{6+}) and between organic and inorganic metal compounds the analytical techniques to detect the substances in soil and water should be improved.