

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 299 73 298
UBA-FB 000286

**Erhebungsuntersuchungen zum Transfer organischer
Schadstoffe vom Boden in Nahrungs- und Futterpflanzen
und Ableitung von Prüfwerten nach dem Bundes-
Bodenschutzgesetz**

von

**Dipl. Biol. Andrea Breitschwerdt
Dr. Monika Herrchen
Dr. Michael Klein
Dr. Werner Kördel
Alexandra Storm
Dr. Ursula Wahle**

Institutsleitung:
Prof. Dr. R. Fischer

Projektleitung:
Dr. Monika Herrchen

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Fh-IME),
Schmallenberg

F+E -Vorhaben: „Erhebungsuntersuchungen zum Transfer organischer Schadstoffe vom Boden in Nahrungs- und Futterpflanzen und Ableitung von Prüfwerten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz“(FKZ: 29973298)

Forschungsnehmer: Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie

Zusammenfassung

Hintergrund

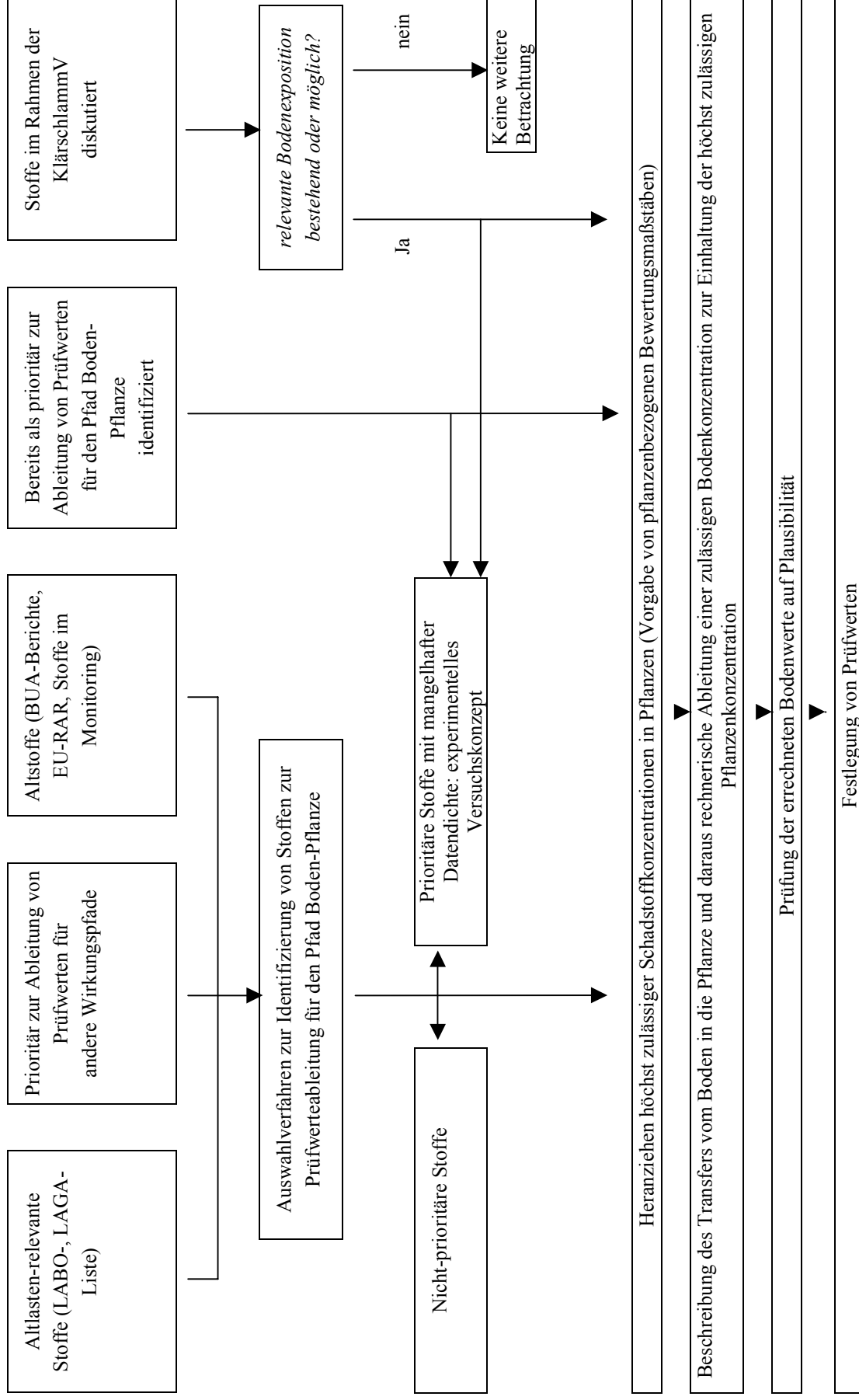
Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) wird durch die Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 16.7.1999 umgesetzt. Wichtiger Bestandteil sind die dort aufgeführten Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte, wobei Prüfwerte für die Schutzgüter „menschliche Gesundheit“, „Qualität von Nahrungs- und Futtermitteln“ und das „Bodensickerwasser auf dem Weg zum Grundwasser“ abgeleitet werden. Gegenstand der im Rahmen des hier präsentierten Forschungsvorhabens durchgeführten Bearbeitung ist die Ableitung von Prüfwerten für Böden unter Ackerbau, Gartenbau, Nutzgarten sowie Grünland (Anhang 2 Nr.2 BBodSchV) mit dem Ziel des Schutzes der „Bodenfunktion als Standort für den Anbau von Nutzpflanzen“. Dabei wird weiter differenziert nach:

- „Ausschluß von humantoxischer Wirkung beim Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln, insbesondere Weizen, Kartoffeln und Gemüse,
- Vermarktbarkeit von Nahrungspflanzen aus Acker- und Erwerbsgartenbau als Lebensmittel
- Verwertbarkeit von Ackerfutter und Grünlandaufwuchs als Futtermittel“.

Im Bundesanzeiger Nr. 161a ist die Vorgehensweise zur Ableitung von Prüfwerten vorgegeben, an der sich auch die Vorhabensbearbeitung orientierte:

- „Heranziehen höchst zulässiger Schadstoffkonzentrationen in Pflanzen (Vorgabe pflanzenbezogener Bewertungsmaßstab),
- Beschreibung des Transfers vom Boden in die Pflanze und daraus rechnerische Ableitung einer zulässigen Bodenkonzentration zur Einhaltung der höchst zulässigen Pflanzenkonzentration,
- Prüfung der errechneten Bodenwerte auf Plausibilität,
- Festlegung von Prüfwerten.“

Nach diesem Schema sind Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Pflanze bisher nur für die Metalle/Metallverbindungen von Arsen, Blei, Quecksilber und Thallium festgelegt worden. Neben den Schwermetallen sind jedoch auch einige organische Stoffe als prioritär anzusehen, wobei bisher lediglich für Benzo(a)pyren ein Prüfwert sowie für PCBs ein Maßnahmewert abgeleitet worden (Anhang 2 Nr.2 BBodSchV). Unter prioritären Stoffen in diesem Kontext werden solche Stoffe verstanden, die nach entsprechender Beurteilung als relevant für den Wirkungspfad Boden - Pflanze angesehen werden.



Umsetzung der Zielsetzung

Die Ableitung von Prüfwerten für den Pfad Boden-Pflanze wurde durch ein gestuftes Fachkonzept (siehe erstes Schema) erzielt, das folgende Schritte umfaßte:

- Es wurden zunächst aus einer Reihe von Kandidatenstoffen Stoffe identifiziert, die für den Wirkungspfad Boden $\Rightarrow$ Pflanze eine hohe Relevanz haben sollten. Dazu wurde ein Kriterienkatalog entwickelt und angewandt.
- Der Transfer dieser Stoffe - das heißt der Transferfaktor (falls ableitbar) - aus dem Boden in die Pflanze wurde dargestellt.
- Im letzten Schritt wurden Prüfwerte gemäß BBodSchG rein rechnerisch abgeleitet. Die Ergebnisse wurden anschließend im Dialog mit dem Forschungsgeber und externen Experten auf Plausibilität hin diskutiert. Dabei wurden grundsätzlich zwei Nutzungsformen berücksichtigt: Ackerbau / Gartenbau / Nutzgärten und Grünland.
- Für prioritäre Stoffe mit einer für eine Prüfvalueitung unzureichenden Datenlage wurde ein Untersuchungskonzept erarbeitet zur späteren Ermöglichung der Ableitung.

Identifizierung prioritärer Stoffe

Die Identifizierung der prioritären Stoffe wiederum gliedert sich in eine Reihe von Einzelschritten, die als

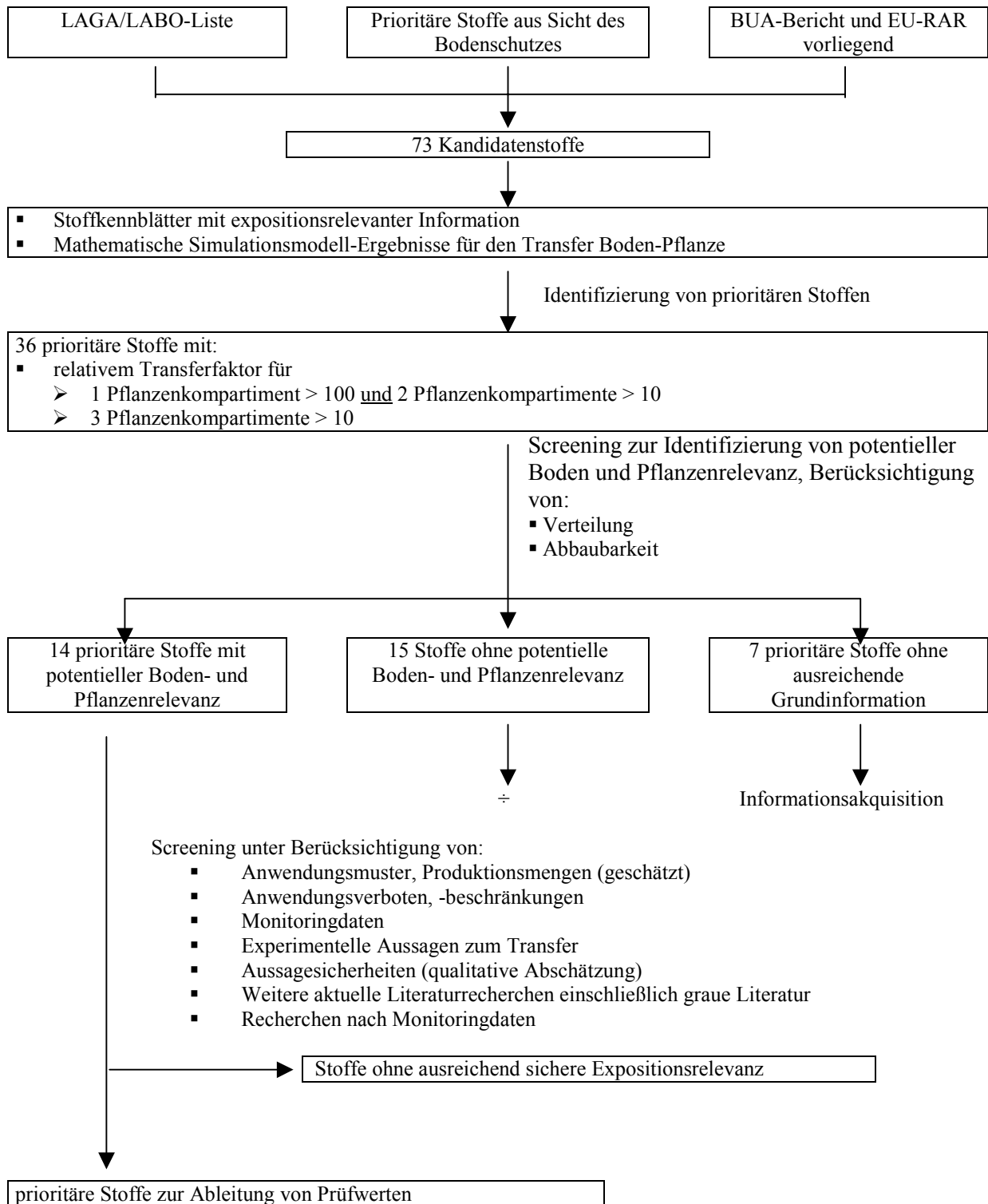
1. Vorauswahl von Kandidatenstoffen
2. Aggregation und Bewertung expositionsrelevanter Information (Stoffkennblätter)
3. Erstellung/Anpassung einer Transfermodells und Darstellung des Transferpotentials für Kandidatenstoffe
4. Endauswahl von etwa 10 prioritären Stoffen zur Ableitung von Prüfwerten (Kombination der Information aus 2. und 3.)

zusammenfassend beschrieben werden können. Diese Bearbeitungsstrategie ist auf der folgenden Seite dargestellt.

Vorab als prioritär identifizierte Stoffe

Vorab wurden Rahmen von Diskussionen zur Umsetzung des BBodSchG bereits einige Stoffe als prioritär zur Ableitung von Prüfwerten für den Pfad Boden-Pflanze benannt: Aldrin, Benzo(a)pyren als Leitsubstanz für PAKs, Dioxine/Furane, DDT, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan und PCBs. Daneben ist die Klärschlammverordnung zur Zeit in der Revision. Auch hier werden einige Stoffe diskutiert, für die Bodenrelevanz festzustellen ist. Können die Stoffe nach Klärschlammapplikation in relevanten Mengen auf den Boden gelangen, dann sollte auch für diese Chemikalien ein Prüfwert für den Pfad Boden-Pflanze abgeleitet werden. Die grundsätzliche Bodenrelevanz soll zunächst für DEHP, LAS, Nonylphenol und Tributylzinnverbindungen festgestellt werden.

Identifizierung von prioritären Stoffen aus einer Liste von Kandidatenstoffen zur Ableitung von Prüfwerten für den Pfad Boden-Pflanze



Priorisierung von Kandidatenstoffen: Ausgangslisten

Neben diesen Stoffen werden jedoch eine Vielzahl weiterer Stoffe diskutiert, die ebenfalls eine mögliche Bedeutung für das Kompartiment Boden sowie einen Boden-Pflanzen-Transfer haben könnten. Dazu gehören:

- LAGA/LABO-Liste altlastenrelevanter Stoffe.
- Stoffe, die in der Altstoffprüfung als relevant für das Kompartiment Boden identifiziert worden sind (siehe BUA-Berichte, EU-RAR)
- Stoffe, die in Monitoring-Programmen als erhebliche Belastung in Boden und/oder Pflanze identifiziert worden sind.
- Stoffe mit ausgewiesener kanzerogener / mutagener / teratogener Wirkung.

Aus verschiedenen Stofflisten konnten 73 Kandidatenstoffe ausgewählt werden, die einer weiteren Bearbeitung unterzogen wurden.

Priorisierung von Kandidatenstoffen: Erstellung eines Kriterienkatalogs und von Stoffkennblättern

Für die 73 Kandidatenstoffe wurden die zur Einstufung als prioritäre / nicht prioritäre Stoffe notwendigen Daten und Information zusammengefaßt. Dies erfolgte durch Erstellung von Stoffkennblättern, welche folgende Informationen und Endpunkte enthielten:

- Physikochemische Stoffeigenschaften einschließlich Daten zur Abbaubarkeit
- Expositionsrelevante Daten zu Vorkommen und Konzentration in der Umwelt
- Informationen über zulässige Höchstmengen und Grenzwerte (pflanzenbezogene Bewertungsmaßstäbe; Referenz: Futtermittelverordnung, Höchstmengenverordnung)

Priorisierung von Kandidatenstoffen: Anwendung eines mathematischen Modells

Unter Anwendung eines mathematischen Modells zur Bestimmung von relativen Transferkoeffizienten für die Pflanzenkompartimente Wurzel, Stengel und Blatt konnten aus der Gesamtheit der 73 Kandidatenstoffe 36 Chemikalien identifiziert werden, die folgende Bedingungen erfüllten:

Die relativen Transferkoeffizienten sind:

- für ein Pflanzenkompartiment > 100 und gleichzeitig für die beiden anderen Pflanzenkompartimente > 10

oder

- für alle 3 Pflanzenkompartimente > 10

oder

- für ein Pflanzenkompartiment > 100 und gleichzeitig für die beiden anderen Pflanzenkompartimente > 1 .

Endauswahl von prioritären Stoffen

Die nach der Anwendung des Transfermodells auf nur noch 36 Stoffe reduzierte Liste wird zunächst unter Nutzung der in den Stoffkennblättern zusammengefaßten Information zur Stoffverteilung, zur Abbaubarkeit, zur Herstellung und Verwendung und zum möglichen Eintrag in die Umwelt auf potentielle Boden-, Pflanzen- und Umweltrelevanz hin überprüft. Dieses Screening ist kein quantitatives, sondern beruht ausschließlich auf begründeter Expertenabschätzung und führt zu folgender Stoffliste:

Stoff	Bereits als prioritär für den Pfad Boden-Pflanze eingestuft	Klärschlamm-Diskussion ¹	Im Rahmen dieser Bearbeitung als vordringlich identifiziert
1,2-Dichlorethan			X
Aldrin	X		
Benzo(a)pyren und weitere PAKs	X	X	
Chlorbenzol			X
DDT	X		
DEHP		X	
Dialkyl (C16-18) dimethylammonium-chlorid (DODMAC)			X
Dioxine/Furane	X		
Hexachlorbenzol	X		
Hexachlorcyclohexan	X		
LAS		X	
Nonylphenol		X	
PCBs	X		
Pentachlorphenol			X
Tributylzinnverbindungen		X	

1 = Vor Einbeziehung in das Ableitungsprocedere ist Bodenrelevanz festzustellen.

Vorgehen zur Ableitung von Prüfwerten nach BBodSchV

Schutzziel: menschliche Gesundheit und Qualität von Nahrungsmitteln

Zur Umsetzung für organische Chemikalien werden die Schutzgüter „Ausschluß humantoxischer Wirkungen“ und „Vermarktbarkeit von Lebensmitteln“ zusammengefaßt. Die entsprechenden Prüfwerte werden unter Nutzung von Angaben zu Rückstandshöchstmengen (MRL-Wert, Rückstandshöchstmengenverordnung, Fassung von 21.10.1999 (BGBl. I S. 2083, geändert am 20.11.2000 (BGBl. I S. 1574) abgeleitet, die ihrerseits offiziell abgestimmte pflanzenbezogenen Bewertungsmaßstäbe darstellen. Rückstandshöchstmengen sind jedoch ausschließlich für Pflanzenschutzmittel dokumentiert, so daß sie nicht für die Gesamtheit der hier betrachteten organischen Chemikalien vorliegen. Für Stoffe ohne MRL-Werte wird ein pflanzenbezogener Bewertungsmaßstab (MRL'-Wert) abgeschätzt, indem auf TRD-Werte bzw. auf ADI-Werte zurückgegriffen wird. Ist keiner dieser beiden humantoxikologischen Bewertungsmaßstäbe vorhanden, so könnte auf N(L)OAEL-Werte zurückgegriffen werden. Da es sich bei N(L)OAEL-Werten im Gegensatz zu TRD- oder MRL-Werten nicht um in Gremien abgestimmte Bewertungsmaßstäbe handelt, sondern um publizierte Daten ohne konsensuale Validitätsbewertung, und darüber hinaus N(L)OAEL-Werte nicht mit Faktoren belegt sind, die mögliche Extrapolationen und die damit verbundenen Unsicherheiten abbilden, wird vorgeschlagen, in Analogie zum Bundesanzeiger 161a Sicherheitsfaktoren (SF) anzuwenden. Liegt jedoch keiner der Werte (MRL-,

TRD- oder N(L)OAEL-Wert) vor, so kann selbstverständlich kein pflanzenbezogener Bewertungsmaßstab abgeleitet werden.

Beschreibung des Transfers vom Boden in die Pflanze und daraus rechnerische Ableitung einer zulässigen Bodenkonzentration zur Einhaltung der höchst zulässigen Pflanzenkonzentration (Schutzziel: menschliche Gesundheit und Qualität von Nahrungsmitteln)

Der Transferkoeffizient Boden - Pflanze wird definiert als der Quotient aus der Stoffkonzentration in dem betrachteten Pflanzenkompartiment (angegeben in Trockengewicht) und Stoffkonzentration im entsprechenden Boden (angegeben in Trockengewicht). Der Stofftransfer ist von Pflanzen- und Bodeneigenschaften abhängig und müßte strenggenommen für jedes übliche Nahrungsmittel im deutschen Nahrungskorb und jeden repräsentativen Boden getestet werden.

Da nicht davon auszugehen ist, daß eine solch große Anzahl von Variablen experimentell untersucht worden ist, wird vorgeschlagen:

- Die optimale Datenlage wird durch fünf getestete Böden und 10 repräsentative Nahrungsmittel charakterisiert. Diese hohen Variablenzahlen werden solange als optimal betrachtet, wie heterogene, zum Teil schwer interpretierbare und unscharfe Studienergebnisse zur Ableitung der Prüfwerte genutzt werden. Im Fall des Vorliegens systematischer Erhebungen zum Transfer Boden-Pflanze werden drei Böden und sechs Nahrungsmittel als optimal angesehen.
- Aus den experimentell bestimmten Transferfaktoren für ein Nahrungsmittel wird der Mittelwert berechnet (unter Zusammenfassung der Ergebnisse für alle Böden).
- Liegt hinsichtlich der Anzahl getesteter Böden keine optimale Datenlage vor, so wird auf den pro Nahrungsmittel berechneten Mittelwert ein Sicherheitsfaktor (SF_{Boden}) geschlagen.

Die höchst zulässigen Bodenkonzentrationen werden zunächst für jedes getestete Nahrungsmittel getrennt abgeleitet. Dazu wird die Gleichung:

$$\text{Höchst zulässige kalkulatorische Bodenkonzentration (i) [mg/kg TG]} = \frac{\text{MRL (i) [mg/kg FG]}}{f_{\text{transfer (i)}} [1 - (\text{Feuchte [\%]} / 100)]}$$

eingesetzt mit:

- MRL = maximum residue level, Rückstandshöchstmenge [mg/kg FG], pflanzenbezogener Bewertungsmaßstab
- $f_{\text{transfer (i)}}$ = Mittelwert der Transferfaktoren für Nahrungsmittel (i)

Die abschließend vorzuschlagende höchst zulässige kalkulatorische Bodenkonzentration, die die Basis für eine Plausibilitätsprüfung und anschließende Expertendiskussion ist, entspricht der aus dem Ensemble der getesteten Nahrungsmittel niedrigsten berechneten höchst zulässigen Bodenkonzentration. Da auch hier nicht von einer optimalen Datenlage, das heißt von 10 getesteten Nahrungsmitteln, ausgegangen werden kann, wird auch hier die Anwendung eines Sicherheitsfaktors ($SF_{\text{Nahrungsmittel}}$) auf die niedrigste berechnete höchst zulässige Bodenkonzentration vorgeschlagen.

Sind für die betrachtete organische Chemikalie keine Rückstandshöchstmengen publiziert, wird die höchst zulässige Bodenkonzentration auf der Basis von TRD-Werten – bzw. von ADI-Werten oder N(L)OAEL-Werten, falls keine TRD-Werte vorliegen – abgeleitet. Die Verwendung von MRL-Werten, TRD und ADI bzw. N(L)OAEL- Werten ist mit unterschiedlichen Aussagesicherheiten belegt. Von daher sollte auch hier ein Sicherheitsfaktor ($SF_{\text{humantox_Bewertungsmaßstab}}$) eingesetzt werden.

Die abschließend vorzuschlagende höchst zulässige kalkulatorische Bodenkonzentration wird mit einem Gefahrenfaktor (GF) multipliziert, da es sich um die Ableitung von Prüf- und nicht von Vorsorgewerten handelt; ein Gefahrenbezug muß hergestellt sein. Die Anwendung eines GF ist in Übereinstimmung mit der zur Ableitung von Prüfwerten für den Direktpfad Boden-Mensch (siehe Bundesanzeiger 161 a) angewandten Vorgehensweise.

Schutzziel Qualität von Futtermitteln

Bei Ableitung von höchst zulässigen Bodenkonzentrationen für das Schutzziel Qualität von Futtermittel werden Fakten und Annahmen, wie sie im Bundesanzeiger 161a [Anonymus, 1999] veröffentlicht sind, übernommen.

- Grünland und Ackerflächen für Silomaisanbau werden parallel behandelt.
- Basis für die pflanzenbezogenen Bewertungsmaßstäbe sind die Richtlinie 1999/29/EG des Rates ... über unerwünschte Stoffe und Erzeugnisse in der Tierernährung sowie die Futtermittelverordnung.
- Höchstmengen sind angegeben für Aldrin, DDT, HCB, HCHs und Dioxine, wobei keine Differenzierung zwischen Futtermitteln („Alleinfuttermittel“) und Nutztieren erfolgte. Zwangsläufig können auch im Vorhaben keine entsprechenden Differenzierungen vorgenommen werden.
- Es kann keine Ableitung von Prüfwerten für andere als die genannten Stoffe erfolgen, da es die Möglichkeiten des Vorhabens überschreitet, tolerable Höchstmengen abzuschätzen.

Ableitung von höchst zulässigen Bodenkonzentrationen

Informationen zum Transfer Boden-Pflanze waren für die 15 prioritären Stoffe – selbst für gut untersuchte – sehr heterogen in Bezug auf das jeweilige Versuchsdesign, was zu versuchsbedingten Unterschieden in den Aussagen führte. Die Interpretierbarkeit der publizierten Daten, gerade in älteren Veröffentlichungen, wurde zusätzlich durch gelegentlich fehlende Angaben von Testbedingungen, wie beispielsweise einer detaillierten Charakterisierung des verwendeten Bodens, erschwert.

Die vorliegenden Informationen wurden aufbereitet und dokumentiert, begründete Vorschläge für die Nutzung publizierter Daten gemacht und – falls diese Basis ausreichte – rein rechnerisch höchst zulässige Bodenkonzentrationen abgeleitet. Das entsprechende Kapitel wurde als Diskussionsgrundlage für ein Fachgespräch im Umweltbundesamt (16. Januar 2002) genutzt. Dort gemeinsam gezogene Schlußfolgerungen und Empfehlungen sind in das jeweilige stoffbezogene Fazit eingearbeitet.

Prüfung der errechneten Bodenwerte auf Plausibilität

Bei Vergleich der rein rechnerisch abgeleiteten höchst zulässigen Bodenkonzentrationen für den Pfad Boden-Pflanze (Schutzziel menschliche Gesundheit, Qualität von Nahrungs- und Futtermitteln) mit bereits abgeleiteten Prüfwerten für den Direktpfad Boden-Mensch mit seiner empfindlichsten Nutzung, dem Kinderspielplatz, sowie mit Bodenhintergrundwerten werden zum Teil recht hohe Unterschiede deutlich. Die berechneten Werte für den Pfad Boden-Pflanze liegen unterhalb der Prüfwerte für den Direktpfad sowie im Bereich von Hintergrundwerten.

Nach Gegenüberstellung möglicher Ursachen für diese Diskrepanzen können die Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Der Pfad Boden-Pflanze ist aufgrund möglicher Akkumulationen in der Nahrungskette ein empfindlicher, sensibler Pfad.
- Die rechnerische Ermittlung von höchst zulässigen Bodenkonzentrationen unter Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens führt zu – zum Teil erheblich – niedrigeren Bodenkonzentrationen im Vergleich zu den Prüfwerten für den Direktpfad Boden-Mensch (Kinderspielfläche) und zu Konzentrationen in Höhe der Hintergrundwerte.
- Aufgrund der vermuteten Empfindlichkeit dieses Pfades ist besondere Sorgfalt bei der Auswahl von vorhandenen Versuchsergebnissen zum Transfer Boden-Pflanze nötig.
- Es sollte ein einheitliches Versuchsdesign zugrunde gelegt werden, das die Vergleichbarkeit von Transferfaktoren für die betrachteten prioritären Stoffe ermöglicht. Dies ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht gegeben, was möglicherweise in vielen Fällen zu einer Überschätzung des Transfers führt.
- Heterogenitäten liegen insbesondere vor in Hinblick auf:
 1. Art der Studie
 2. Kontamination der Böden
 3. Untersuchte und publizierte Bodendaten
 4. Extraktionsmethoden und Analytik
 5. Fehlende Einbeziehung der feuchten und trockenen Deposition

Empfehlungen zum Versuchsdesign

Aufbauend auf dem vorgeschlagenen Ableitungsprocedere, den Erfahrungen mit der Interpretation von publizierten Studien zur Berechnung von Transferfaktoren sowie den Kenntnissen über die Ergebnisse beeinflussende Parameter konnte ein Versuchsdesign vorgeschlagen werden, das eine valide Datenbasis für die Ableitung von höchst zulässigen Bodenkonzentrationen liefern sollte.

Schlußfolgerungen

Nach Diskussion im Rahmen des UBA-Fachgespräches am 16. Januar 2002 wurden gemeinsam folgende Schlußfolgerungen gezogen:

- Die Herangehensweise zur Ableitung von höchst zulässigen Bodenkonzentrationen für organische Schadstoffe für den Wirkungspfad Boden-Pflanze unter Betrachtung der

Schutzziele menschliche Gesundheit, Qualität von Nahrungsmitteln und Qualität von Futtermitteln ist in sich geschlossen, logisch und pragmatisch.

- Die hier angewandte Methodik unterscheidet sich begründet von dem Verfahren zur Ableitung von Prüfwerten für Schwermetalle. Zu den Unterschiede kann festgestellt werden:
- Da ZEBS-Werte für organische Stoffe nicht vorliegen, werden stattdessen Rückstandshöchstmengen (MRL-Werte) als pflanzenbezogene Bewertungsmaßstäbe herangezogen.
- Trotz Einbeziehung des Nahrungskorbes unter Nutzung von zunächst nur 10 repräsentativen Nahrungsmittelgruppen (wie in der Rückstandshöchstmengenverordnung dargestellt) können bekannte „Sonderfälle“ hinsichtlich einer selektiven Stoffaufnahme (zum Beispiel Petersilie und Spinat) zusätzlich berücksichtigt werden, um den optimalen Boden- und Verbraucherschutz sicherzustellen. Dies ist im Rahmen des Ableitungsprozedere vorgesehen und wird darüber hinaus im vorgeschlagenen Versuchsdesign zur Erzeugung valider experimenteller Daten berücksichtigt.
- Bei unsicherer Datenlage werden Sicherheitsfaktoren angewandt. Die hier vorgeschlagenen Sicherheitsfaktoren haben Signalwirkung in Hinblick auf weiterführende Diskussionen in entsprechenden Gremien und Ausschüssen, auch zur Optimierung oder abgestimmten Interpretation der aktuellen Datenlage.
- Bei Ableitung von Prüfwerten für organische Stoffe für den Pfad Boden-Pflanze ist im Unterschied zu den Schwermetallen der luftgetragene Eintrag zu betrachten. Es war nicht Gegenstand des Vorhabens eine konzeptionelle Lösung dafür zu erarbeiten. Jedoch sollte dies in entsprechenden Gremien zeitnah erfolgen.
- Es konnten eine Reihe von Stoffen oder Stoffgruppen identifiziert werden, für die konsensual ein Bedarf zur Ableitung eines Prüfwertes für den Pfad Boden-Pflanze festgestellt wurde. Bei diesen Stoffen handelt es sich um: Aldrin, PAKs, DDT, Hexachlorbenzol, HCHs und PCBs.
- Die Stoffgruppen der PAKs, HCHs und PCBs sollen in einer ad-hoc Arbeitsgruppe der Länder (LABO, StÄA 4) vertieft diskutiert werden. Wichtige Zielsetzung der ad-hoc AG ist die Auswahl von bereits vorliegenden plausiblen Testergebnissen unter Nutzung von zuvor konsensual entwickelten Kriterien, wobei auch Diskussionen mit den Autoren der verschiedenen Studien stattfinden sollten. Weiterhin sollte die ad-hoc AG zusätzliche Daten, Informationen und Erfahrungen mit der Stoffgruppe akquirieren und bewerten. Im Falle einer – trotz dieser Aktivität – dennoch unzureichenden Datenbasis sollte die ad-hoc AG auch entscheiden, welche Form von experimentellen Studien zusätzlich durchgeführt werden sollen.
- Im Fall von Aldrin, DDT und Hexachlorbenzol ist unterschiedlich vorzugehen: für Aldrin und HCB sollten zusätzliche Studien durchgeführt werden, deren exaktes Design in LABO, StÄA4 festgelegt werden sollte. In demselben Gremium sollte die Höhe des für DDT ermittelten Wertes diskutiert werden.
- Für Dioxine wurde die Empfehlung ausgesprochen, als Diskussionsgrundlage zum weiteren Vorgehen die Ergebnisse und Schlußfolgerungen des UBA-Dioxin-Berichtes, der Mitte 2002 veröffentlicht wird, zu berücksichtigen. Die aktuelle Relevanz der Dioxine ist nach Vorliegen

dieses Berichtes sowie des Berichtes der Bund-Länder AG Dioxine kritisch zu überprüfen. In diese Überprüfung ist auch die Einstufung der WHO ein zu beziehen.

- Die Diskussion zum generellen optimalen Versuchsdesign, das als experimentelle Grundlage für die Ableitung von Prüfwerten für den Pfad Boden-Pflanze für organische Stoffe dienen kann, soll unabhängig von den erwähnten Stoffen und Stoffgruppen diskutiert werden. Im Rahmen des Vorhabens wurde eine gute Grundlage dafür vorgeschlagen.
- Für eine Reihe von diskutierten Stoffen sollte nach heutigem Kenntnisstand keine Notwendigkeit einer Ableitung eines Prüfwertes vorliegen, da keine ausreichende Bodenrelevanz vorliegt. Das trifft insbesondere auf die Stoffe zu, die aufgrund der aktuellen Klärschlammdiskussion in das vorliegende FuE-Vorhaben aufgenommen wurden, jedoch auch auf Stoffe, die nicht mehr hergestellt oder genutzt werden oder relativ gut abbaubar sind. Dennoch werden diese organischen Chemikalien in eine Länderumfrage (LABO-Sitzung am 29.1.2002) aufgenommen, mit dem Ziel Bodenrelevanz (Altlasten, Schadensfälle) abschließend zu bestätigen oder auszuschließen, damit ein entsprechendes Vorgehen beschlossen werden kann.

Summary

Background

The Federal Soil Protection Act is put into practice by the Federal Soil Protection Ordinance of July, 16th, 1999. The precautionary values and trigger values are an important instrument to realise the requirements given by the Law. Trigger values are related to soil use and objective of protection, which are „human health“, „quality of food and feed“, and „leachate to groundwater“. It is within the aim of the study to derive trigger values for the objective „quality of food and feed“ by considering the soil-plant transfer of organic chemicals for soils under agricultural use and household gardens. Thus, the production function of soil is taken into account.

The procedure to derive trigger values for „quality of food and feed“ is laid down in the Federal Bulletin No. 161a and is strictly followed in the course of the study:

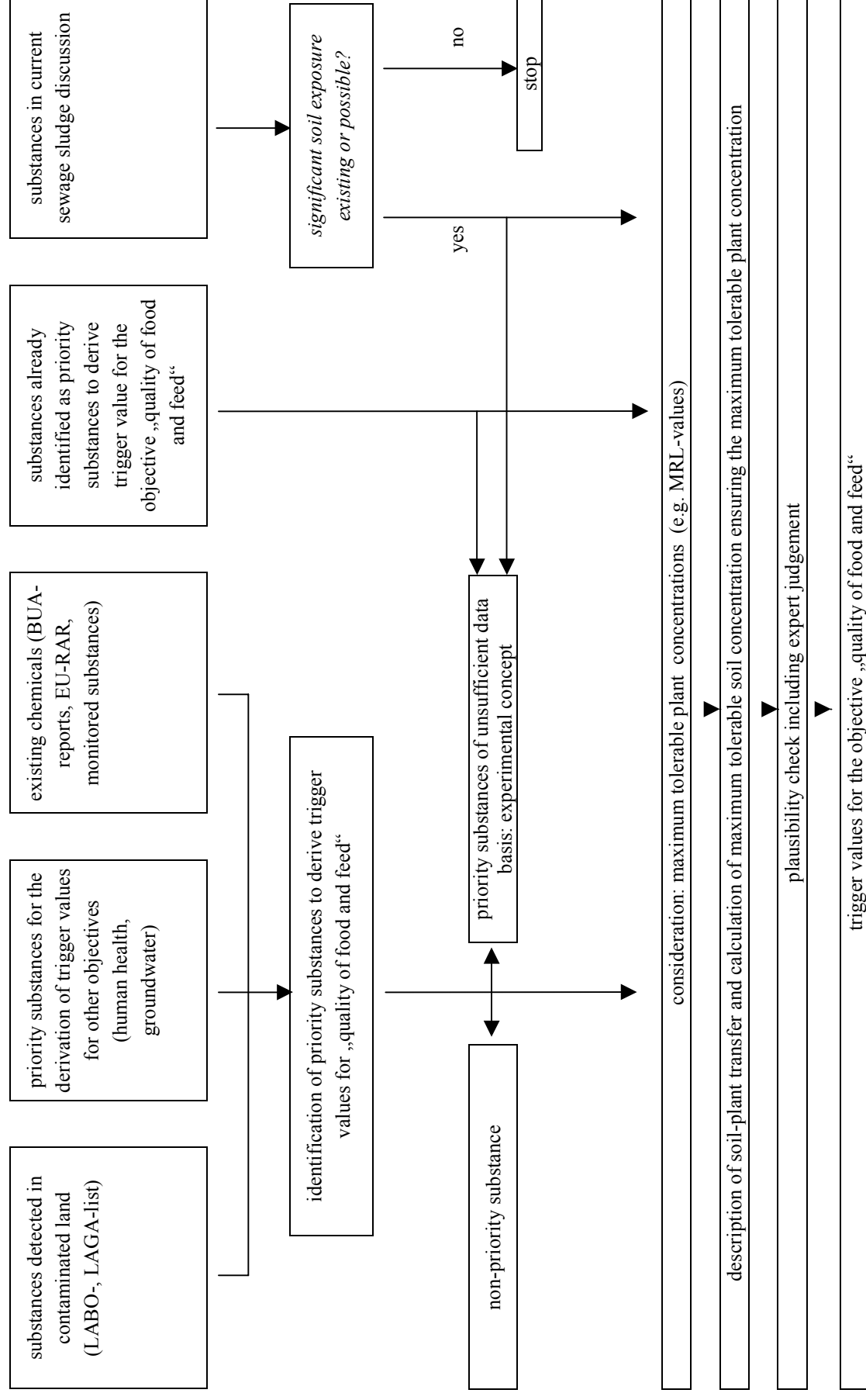
- consideration of maximum residue levels in/on plants
- quantitative description of soil-plant transfer and derivation of a maximum acceptable soil concentration
- plausibility check
- final stipulation of trigger values.

According to such procedure trigger values for „quality of food and feed“ already have been derived for the metal compounds arsenic, lead, mercury and thallium. Beside metal compounds also organic substances are of priority in this context. So far, a trigger value has been defined for benzo(a)pyrene and a measurement value for PCBs. In the given context, priority substances are those which are of relevance for the soil-plant uptake.

Procedure

In order to reach the given aim of the study a four stepped procedure was followed (see also scheme next page):

- Identification of priority substance out of an ensemble of candidate compounds. A catalogue of criteria was developed and successfully applied to do so.
- Description of soil-plant transfer for the priority substances
- Calculation of trigger values according to the procedure laid down in the Federal Soil Protection Ordinance. A plausibility check was carried out upon discussion with the German UBA and external experts.
- For priority substances with an insufficient data base a conceptual approach for experimental studies was elaborated.



Identification of priority substances

The identification of priority substances is divided into four sub-steps:

1. pre-selection of candidate substances
2. aggregation and evaluation of exposure relevant information (data sheets)
3. adaption of an existing mathematical simulation model to assess the relative transfer potential of candidate substances
4. final selection of priority substances (i.e. combination of results from 2. and 3.)

Pre-identified priority substances

Prior to the performance of the study a set of compounds already has been identified as being of priority for the derivation of trigger values for the objective „quality of food and feed“. The substances are: aldrin, benzo(a)pyrene als indicator substance for the group of PAHs, dioxines, DDT, hexachlorobenzene, hexachlorocyclohexane, and PCBs. Additionally, current discussions in the context of the revision of both, the German Ordinance and EU-Directive on sewage sludge mention substances for which it has to be proofed whether or not they can reach soil. In case they reach soil after sewage sludge application the compounds also should be considered for the derivation of trigger values. In particular, the following substances are of interest: DEHP, LAS, nonylphenol and tributyl tin compounds.

Priority setting of candidate substances

Beside the pre-identified priority substances further possibly relevant substances are discussed. In particular, substances from the following lists are of interest:

- LABO- and LAGA-lists of substances being detected on contaminated land
- exisiting chemicals which have been identified as being of relevance for the soil compartment (BUA-reports, EU-risk assessment reports)
- monitored substances being detected frequently in soil or plant concentrations above the determination limit
- substances with CMR properties.

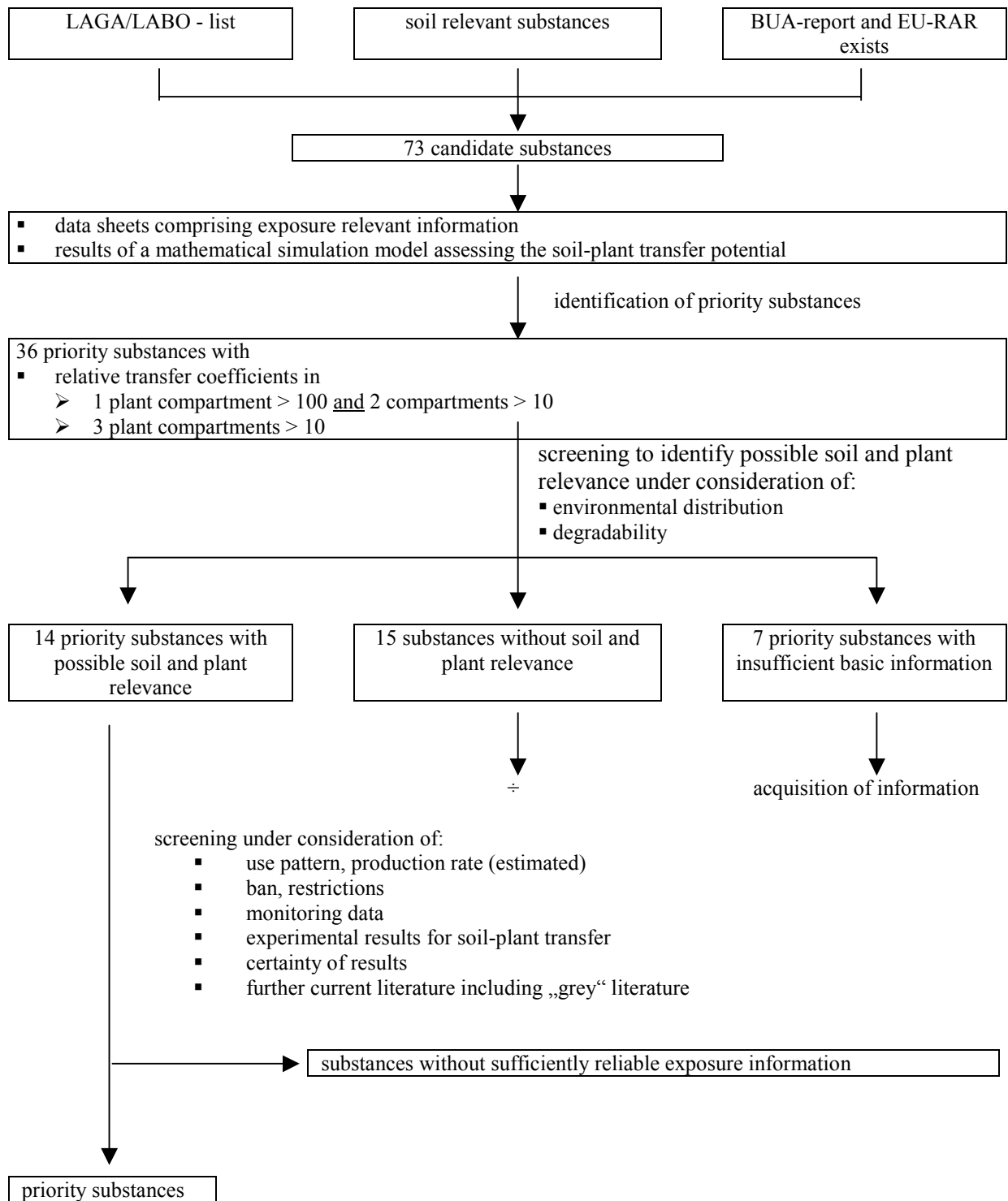
Based on these lists 73 candidate substances were identified. For all of these compounds substance sheets were created comprising information on physico-chemicals properties including degradability, data on environmental concentrations and on already existing limit values (MRL-values, ADI-values and maximum tolerable concentrations in feed).

Using a mathematical simulation model for the assessment of a relative transfer potential 36 chemicals - out of the set of 73 candidate substances - were identified fulfilling the following conditions:

The relative transfer coefficients are:

➤ > 100 for one plant compartment and at the same time > 10 for the two other compartments
or

**Identification of priority substances for the derivation of soil trigger values for the objective
„quality of food and feed“**



- > 10 for all 3 plant compartments
- or
- > 100 for one plant compartment and at the same time > 1 for the two other compartments.

Final selection of priority substances

The application of the simulation model results in 36 remaining substances. These substances are further evaluated in respect to their potential to enter the environment and to persist in soil and plants. For such an evaluation information on distribution, production volume, use pattern, occurrence and paths of entry into the environment is needed. The qualitative, expert-judgement based selection resulted in the following substance list:

compound	a priori identified as priority substance	discussion in the context of revision of sewage sludge Directive ¹	identified as priority substance in the context of the current study
1,2-dichloroethane			X
Aldrin	X		
benzo(a)pyrene and further PAHs	X	X	
chlorobenzene			X
DDT	X		
DEHP		X	
Dialkyl (C16-18) dimethyl-ammonium-chloride (DODMAC)			X
dioxines	X		
hexachlorobenzene	X		
hexachlorocyclohexane	X		
LAS		X	
nonylphenol		X	
PCBs	X		
pentachlorophenol			X
tributyl tin compounds		X	

¹ = prior to the introduction into the overall procedure soil relevance has to be proofed.

Concept of deriving trigger values according to the Federal Soil Protection Ordinance

Objective of protection: human health and quality of food

In order to derive the respective trigger values both objectives of protection, i.e. „human health“ and „quality of food“ are combined. Trigger values are calculated by inclusion of maximum residue levels (MRL-levels, „Rückstandshöchstmengenvorordnung“ of 21.10.1999, modified on 20.11.2000) and ADI-values, respectively. In case these official values have not been derived for the compound under consideration a preliminary MRL'-value is assessed using N(L)OAEL-values and additionally applying a safety factor (SF_{toxicological reference}). In case none of the toxicologically relevant data is available the soil trigger value cannot be derived.

Description of the soil-plant transfer and calculation of maximum tolerable soil concentrations

The soil-plant transfer coefficient is defined as the quotient of the substance concentration in the respective plant compartment (given in dry weight) and the soil concentration (also given in dry weight). Since the soil-plant transfer depends on both, soil and plant properties, ideally each food item and all

representative German soils should be tested.

However, such a broad variety of experimental studies is not achievable and thus, the following assumptions and definitions are proposed:

- The ideal data set is characterised by five soils and ten representative food items. As long as a heterogeneous data base is available with information, which is difficult to interpret, the five soils / ten food items data base is considered to be the optimum. In case systematic studies will be published a data set characterised by three soils and six food items is considered to be sufficient.
- The experimentally determined transfer coefficients for the individual food items each are combined and a mean is calculated.
- In case not the optimal soil data set is available a safety factor (SF_{soil}) is applied to the mean transfer coefficient for each food item.

The maximum tolerable soil concentrations are in a first step calculated separately for each tested food item by using the equation:

$$\text{maximum tolerable soil concentration (i) [mg/kg dm]} = \frac{\text{MRL (i) [mg/kg ww]}}{f_{\text{transfer (i)}} [1 - (\text{water content [\%]} / 100)]}$$

with:

MRL = maximum residue level [mg/kg wet weight]
 $f_{\text{transfer(i)}}$ = mean of transfer coefficients for food item (i)

The finally proposed maximum tolerable soil concentration, which is the basis for a plausibility check and expert-judgment, is identical with the lowest value out of the ensemble of calculated maximum tolerable soil concentrations for the individual food items. In case not all of the ten food items have been tested, again safety factors ($SF_{\text{food item}}$) are applied.

The finally proposed maximum tolerable soil concentration is multiplied with a so called „hazard factor“ (GF) in order not to relate the value to the precautionary aspect but to hazard. The use of such a „hazard factor“ is in accordance with the derivation of soil trigger values for the objective of protection „human health, direct soil contact“ as published in the Federal Bulletin No. 161a.

Objective of protection: quality of feed

For the derivation of maximum tolerable soil concentrations for the objective of protection „quality of feed“ the procedure as laid down in the Federal Bulletin No. 161a is followed:

- grasland and soil under agricultural use (for maize) are treated identically.
- The legal basis for maximum tolerable plant levels is Directive (29/99/EEC) as well as the German „Futtermittelverordnung“
- The Directive (29/99/EEC) gives maximum tolerable plant levels for aldrin, DDT, HCB, HCHs and dioxines without differentiating between feed items.
- For other than the given compounds / compound groups maximum tolerable soil

concentrations are not derived in the course of the study.

Calculation of maximum tolerable soil concentrations

The data base on soil-plant transfer for the selected 15 priority substances was quite heterogenous – even for well investigated substances – leading to a broad variance in test results. Many of the former publications are difficult to interpret since detailed information on test conditions – such as the soil characterisation – is missing.

Available information was acquired, aggregated, documented and evaluated, and well founded suggestions for maximum tolerable soil concentrations were made. The suggestions were a basis for a round-table discussion at the German UBA on January, 16th, 2002. Conclusions and recommendations are given below.

Plausibility check

A comparison of soil trigger values derived for various objectives of protection (e.g. „human health – direct soil contact“ versus „quality of food and feed“ versus „groundwater protection“) yields very low values for the soil-plant transfer path. From the discrepancies it can be concluded:

- Due to possible accumulation in the food chain the soil-plant transfer path is a sensible one and has to be considered carefully.
- The derivation of maximum tolerable soil concentrations using the suggested procedure and assumptions leads to trigger values which are lower as those obtained for the path „direct soil contact“, and to values in the range of soil background concentrations.
- An uniform experimental design should be used as basis to obtain comparable transfer coefficients for the 15 priority substances. This currently is not the case, and thus an overestimation of the soil-plant transfer might occur.
- Recent studies are heterogenous in respect to:
 1. Design of the study (field testing – lysimeter – laboratory study...)
 2. mode of soil contamination
 3. Investigated and published soil data
 4. Extraction methods and analytical procedures
 5. Missing inclusion of wet and dry deposition

Experimental design

Based on the suggested procedure to derive soil trigger values and also based on experiences with interpreting published data for assessing soil-plant transfer coefficients an experimental test design was suggested. The test design is expected to yield valide data being a reliable basis for the derivation of maximum tolerable soil concentrations.

Conclusions and Recommendations

Upon the round-table discussion at the German UBA at January, 16th, 2002 the following conclusions and recommendations were drawn:

- The procedure to derive soil trigger values for the objective of protection „quality of food and feed“ is conclusive and presents a pragmatic approach.
- The approach differs in respect to the procedure selected for metals and metal compounds. Differences are well founded and can be summarized as:
 - ZEBS-values are not available for organic compounds and thus, maximum residue levels (MRL-values) or equivalent values are used.
 - Though 10 representative food items are suggested for inclusion in the procedure, „special cases“ in respect to a selective plant uptake (such as spinach) can be considered additionally. This situation is foreseen in the approach to derive trigger values, both in respect to the theoretical concept and the experimental design.
 - In case of an insufficient data base safety factors are applied. The factors suggested in the study can be interpreted as „signals“ for further discussions in working groups, and for optimisation or mutually agreed interpretation of the current data set.
 - For organic chemicals the airborne impact, i.e. wet or dry deposition, additionally has to be taken into account. It is beyond the scope of the project to develop a concept, which integrates all exposure pathways. However, a jointly designed approach should be by the respective gremia as soon as possible.
- Several substances and groups of substances were identified for which need exists to derive soil trigger values (for the objective of protection „quality of food and feed“). Chemicals are: aldrin, PAHs, DDT, hexachlorobenzene, HCHs, and PCBs.
- The groups of PAHs, HCHs and PCBs should be discussed in more detail within an ad-hoc working group by the Länder (LABO, StÄA 4). It should be a scope of the working group to select already existing, plausible test results by using uniform criteria. Additionally, discussions with the authors of the selected studies are planned. It also should be a task of the ad-hoc working group to acquire and evaluate further data, information and experiences. In case of a – despite these activities – still existing insufficient data base the working group should decide on the final design of additional experimental studies.
- In case of aldrin, DDT and HCB different procedures are suggested: for aldrin and HCB additional experimental studies should be performed their design again being agreed upon by LABO, StÄA 4. The same gremium should decide on the trigger value for DDT.
- For dioxines it was recommended to consider the results and recommendations both of the UBA-dioxine report and the report of the „Bund-Länder AG Dioxine“ which will be published in mid 2002. The current environmental relevance of dioxines should be discussed critically upon publication of the reports. In addition, the WHO classification should be taken into account.
- Beside the mentioned substances and substance groups, a general experimental design useful for the derivation of soil trigger values for the soil-plant uptake should be discussed. The report gives an excellent basis to do so.
- For some of the discussed substances it seems to be of no need to derive soil trigger values. This is, in particular, true for those substances, which were introduced in the approach upon the current discussion on the revision of the „sewage sludge Directive“. However, also those substances which are no longer produced and/or used, and which do not persist in the environment are of reduced relevance. Nevertheless, an inquiry will be started at the next LABO-meeting on January, 29th, 2002, taking into account the set of 73 candidate substances. It is the aim of the inquiry to finally either confirm or exclude soil-plant relevance.