

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
- Bodenschutz -

Forschungsbericht 299 71 234
UBA-FB 000144



**Möglichkeiten der
länderübergreifenden
Auswertung an Standorten
der Bodendauerbeobachtung**
**- ausgehend von der Zusammen-
stellung der Metadaten aus den
Ländern**

von

Dipl.-Geol. Peter Spatz

Solum, büro für boden und geologie, Freiburg i. Br.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von DM 15,-- (7,67 Euro)
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 5.2
Beate Werner

Berlin, März 2001

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
1 EINFÜHRUNG	1
1.1 Veranlassung	1
1.2 Ziel des Vorhabens	2
1.3 Vorgehensweise	2
2 GRUNDLAGEN	3
2.1 BDF-Datenbank	3
2.2 Aktualisierung der Datengrundlage	5
2.2.1 Zur Vollständigkeit der Erfassung	6
2.2.2 Zu einzelnen Themenbereichen	6
2.3 Repräsentanzanalyse aus der Studie „Organisation eines Bodenmonitorings“ 1997	8
3 BDF-STANDORTE IN DEUTSCHLAND	10
3.1 Überschneidungen mit anderen bundesweiten Boden-Meßnetzen	10
3.2 Zuständigkeiten	11
3.3 Bestand und Eigenschaften	12
3.3.1 BDF-Typ	12
3.3.2 Nutzung	14
3.3.3 Belastungsrepräsentanz	16
3.3.4 Bodentyp	18
3.3.4.1 Zuordnung zur Bodenübersichtskarte BRD (BÜK 1000)	19
3.4 BDF-Auswahlkriterien	21
3.5 Koordinaten	21
3.6 Einrichtungszeitraum und Wiederholungsbeprobungen (Intervalle)	22
3.7 Auswerteroutinen auf Länderebene	23
3.8 Datenarchivierung und Dokumentation	24
3.9 Erhebungsintensität	25

3.9.1	Beprobungsverfahren	25
3.9.2	Bodenphysik	27
3.9.3	Bodenchemie	28
3.9.3.1	Anorganische Parameter	29
3.9.3.2	Organische Parameter	32
3.9.4	Eintrag-/Austragmessungen	34
3.9.4.1	Klimamessungen	34
3.9.4.2	Deposition Luft	35
3.9.4.3	Stoffeintrag über Bewirtschaftungsmaßnahmen	36
3.9.4.4	Bodenwasser	37
3.9.4.5	Wasser-/Winderosion	38
3.9.4.6	Grundwasser	38
3.9.4.7	Pflanzeninhaltsstoffe	39
3.9.5	Bodenbiologie	40
3.9.6	Vegetation	41
3.9.7	Bodenluft	42
3.9.8	Zusammenfassung Erhebungsintensität	43
4	AUSWERTEKONZEPTION	46
4.1	Allgemeines	46
4.2	Datengrundlage	48
4.2.1	Repräsentanz der BDF	48
4.2.2	Parameter und Methoden	49
4.2.3	Datenformate für länderübergreifende Auswertung und Basisdatensatz	51
4.2.4	Beprobungsmethodik	52
4.2.5	Analysedaten	53
4.2.5.1	Umrechnung SM-Totalgehalte auf KW-extrahierbare SM-Gehalte	53
4.2.5.2	Behandlung von Gehalten < Bestimmungsgrenze	54
4.2.6	Probenahmezeitraum	55
4.2.7	Behandlung von belasteten Standorten	56
4.3	Auswertungen zum Bodenzustand	57

4.3.1	Auswertungsebenen	57
4.3.2	Auswertung zur Stoffkonzentration	59
4.3.3	Berechnung von Stoffvorräten	60
4.4	Prozessdokumentation	61
5	<u>PROBEAUSWERTUNG: CADMIUM IN OBERBÖDEN</u>	62
5.1	Stichprobenumfang	63
5.2	Bodenphysik	66
5.3	Stoffkonzentrationen im Oberboden	68
5.3.1	pH-Wert (CaCl ₂)	68
5.3.2	Cadmiumkonzentration	69
5.4	Stoffvorräte	71
6	<u>PROBLEME/DEFIZITE</u>	72
6.1	Erhebung der BDF-Daten	72
6.2	Auswertekonzeption und Probeauswertung	73
7	<u>DISKUSSION UND VORSCHLÄGE FÜR WEITERE ERHEBUNGEN BZW. AUSWERTUNGEN</u>	75
7.1	Erhebung der BDF-Daten	75
7.1.1	Basisdatensatz BDF	76
7.2	Auswertekonzeption und Probeauswertung	77
8	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	80
9	<u>SUMMARY</u>	83
10	<u>LITERATUR UND QUELLENVERZEICHNIS</u>	86
11	<u>ANHANG:</u>	93

Anhang 1: Repräsentanzliste der Bodentypen in Deutschland der „Kieler Studie“

Anhang 2: Liste der 71 „repräsentativsten BDF“ („Kieler Studie“)

Anhang 3: BDF-Liste der Probeauswertung

Anhang 4: Umrechnung Cadmium-Totalgehalte in Königswasser extrahierbare
Cadmiumgehalte

Anhang K1: Karte der BDF – Lage und Typ

Anhang K2: Karte der BDF – Hauptnutzung

Anhang K3: Karte der BDF – Eintrag-/Austraguntersuchungen

Anhang K4: Karte der BDF – „repräsentativste BDF“ nach Kieler Studie

Anhang K5: Karte der BDF – Standorte für Probeauswertung

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gliederung der Datenbank und Inhalte der Tabellen	4
Tabelle 2: Zuständigkeiten	11
Tabelle 3: Aufschlüsselung der BDF nach Bundesländern, BDF-Typ und Nutzung	15
Tabelle 4: Art der Belastung an BDF	16
Tabelle 5: Prozentuale Häufigkeiten der Haupt-Bodentypen der BDF	18
Tabelle 6: Zuordnung der BDF zu Legendeneinheiten der BÜK 1000	19
Tabelle 7: Archivierung und Dokumentation	24
Tabelle 8: Probennahmeverfahren	26
Tabelle 9: Bodenphysikalische Erhebungen an BDF	28
Tabelle 10: Bodenchemische Erhebungen an BDF – anorganische Parameter –	31
Tabelle 11: Bodenchemische Erhebungen an BDF – organische Parameter -	32
Tabelle 12: Erhebungsintensität Klimamessungen	34
Tabelle 13: Erhebungsintensität Depositionsmessungen	35
Tabelle 14: Erhebungsintensität Bewirtschaftungsmaßnahmen	36
Tabelle 15: Erhebungsintensität Bodenwasser	37
Tabelle 16: Erhebungsintensität Pflanzeninhaltsstoffe	39
Tabelle 17: Bodenbiologische Erhebungen an BDF	40
Tabelle 18: Erhebungsintensität Vegetationsaufnahme	41
Tabelle 19: Erhebungsintensität – Zusammenfassung -	43
Tabelle 20: Eintrags-/Austragsmessungen – Zusammenfassung – (ohne UBA-Standorte)	45
Tabelle 21: Auswertung von BDF-Daten	46
Tabelle 22: Erhebungsintensität Cadmium	49
Tabelle 23: Mindestdatensatz für neue BDF-Standorte	51
Tabelle 24: Mindestdatensatz bei Auswertungen für den Bodenzustand	52
Tabelle 25: Auswertungsebenen der Merkmalsdokumentation	58
Tabelle 26: Kenndaten für Probeauswertung	63
Tabelle 27: Bodenphysikalische Kennwerte (Rohdichte) der Oberböden	67
Tabelle 28: Statistische Kenndaten der bodenphysikalischen Kennwerte der Ap- und Ah-Horizonte	67
Tabelle 29: Häufigkeit von pH-Wertbereichen der Oberböden (Acker und Grünland)	68

Tabelle 30: pH-Wert (CaCl ₂) und Cadmiumkonzentrationen (KW-extrahierbar) im Oberboden nach Nutzung getrennt	69
Tabelle 31: Cadmiumkonzentrationen (NH ₄ NO ₃ -extrahierbar) im Oberboden nach Nutzung getrennt	70
Tabelle 32: Stoffvorräte Ap-Horizonte ausgewählter BDF	71

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

BAG 1000: Karte der Bodenausgangsgesteine Maßstab 1:1.000.000

BDF: Boden-Dauerbeobachtungsfläche

BDL: Bundesland

Abkürzung BDL	Bundesland
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
HH	Hamburg
HS	Hessen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NRW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen

BDL-BDF-NR: Bundeslandinterne Nummer der BDF

BGR: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

BÜK 1000, BÜK 200: Bodenübersichtskarten der Bundesrepublik Deutschland in den Maßstäben 1:1.000.000 und 1:200.000

BZE: Bodenzustandserhebung Wald (1987 – 1993) im Rahmen der Waldschadenserhebung (WSE)

DRM: Dioxin-Referenzmessprogramm des Umweltbundesamtes

„Kieler Studie“: Kurzbezeichnung für „Organisation und Methodik eines Bodenmonitorings“; UBA-Texte, 21/98

KA3 u. KA4: Bodenkundliche Kartieranleitung. 3. bzw. 4. Aufl., AG Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

KW: Königswasseraufschluß

LABO: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz

Level II: Intensivmessstandorte Wald (bundesweit 89) im Zusammenhang mit der Waldschadenserhebung (WSE) an denen ereignisbezogene, prozessorientierte Untersuchungen durchgeführt werden.

BG: Bestimmungsgrenze

SM: Schwermetalle

1 Einführung

1.1 Veranlassung

Im Rahmen der nationalen und internationalen Berichtspflichten des Bundes zum Bodenzustand, besteht die Notwendigkeit die Boden-Dauerbeobachtungsflächen der Länder auf Bundesebene für integrierende Auswertungen nutzbar zu machen. Die Verwaltungsvereinbarung (VV) zum Datenaustausch zwischen Bund und Ländern (Anhang Boden) bildet die regulatorische Grundlage.

Die konkreten Motive und die fachliche Untersetzung der VV lassen sich aus folgenden Anforderungen ableiten:

- **Einbindung in das Umweltmonitoring auf europäischer Ebene (Schnittstelle EUA/Länder durch National Reference Center bei UBA II 5.2):** Die EUA will ein "European Soil Monitoring Network" aufbauen, in dem die stoffliche Bodenbelastung ein wichtiger Teilaspekt neben der Erosion oder Fragen zur organischen Substanz ist.
- **Grundlage für vorsorgenden/nachhaltigen Bodenschutz:** So regt z.B. der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz in seinem Vorsorgegutachten an, die Wirkung zulässiger Stoffeinträge in Böden an Hand von BDF zu prüfen (Überprüfung der zulässigen Zusatzbelastung hinsichtlich real gemessener Eintragswerte und Ableitung von Kriterien der Zulässigkeit hinsichtlich boden-ökologischer Folgeabschätzungen).
- **Weiterentwicklung der Vergleichbarkeit der Methoden:** Harmonisierung der Methoden bzw. Umrechnung von Altdaten.
- **Sicherung der statistischen Aussage:** Diese werden fundierter, wenn auf größere Grundgesamtheit der BDF zurückgegriffen werden kann.
- **Ausnutzung von Synergieeffekten:** Kooperation/ Ausnutzung vorhandener Kapazitäten (z.B. für Fragestellungen der Umweltprobenbank, der Umweltbeobachtung) bzw. Hilfe bei Standortssuche/ Auswahl für länderübergreifende/übergeordnete Forschungen
- **Entwicklung und Untersetzung von Leitbildern**
- **Bundesweite Darstellung des Bodenzustandes zur Positionsbestimmung:** Welche Bodenschutzprobleme haben wir in Deutschland? Besserer Überblick über Tendenzen und Trends; Darstellung zeitlicher Trends auf Bundesebene.

1.2 Ziel des Vorhabens

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung einer Konzeption zur bundesweiten Auswertung bodenbezogener Daten auf Grundlage der BDF-Meßnetze der Bundesländer. Dabei wird angestrebt, auch für „Nicht-Wald-Flächen“ eine Aussage ähnlich der dem Level II –Programm und der Bodenzustandserhebung (BZE) des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zu erreichen.

1.3 Vorgehensweise

Zur Erreichung des Projektziels wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. **Vorbereitende Arbeiten:** Literaturstudium, Strukturierung und Ergänzung der vorhandenen BDF-Datenbank (meßnetzspezifisch) entsprechend den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000).
2. **Bundesweite Erfassung aller BDF:** Erstellung eines Fragebogens zur Dokumentation der bis dahin erfaßten Daten und zur standortspezifischen Aktualisierung bzw. Erfassung neuer BDF-Standorte der Bundesländer.
3. **Aktualisierung der Datengrundlage:** Die Daten wurden auf Grundlage der BDF-Fragebögen und Auswertung der erhobenen Daten aktualisiert und in länderübergreifenden Datentabellen hinterlegt. Plausibilitätsprüfung der BDF-Repräsentanzanalyse aus dem F&E-Vorhaben „Organisation eines Bodenmonitoring“ (UBA, 1997)
4. **Erarbeitung einer Auswertekonzeption** und Testauswertung mit Datensätzen interessierter Bundesländer.
5. **Defizitanalyse** und **Erarbeitung von Vorschlägen** für das weitere Vorgehen.

2 Grundlagen

Zu Projektbeginn wurden folgende Unterlagen für die Projektbearbeitung zur Verfügung gestellt:

- Datentabellen mit meßnetzspezifischen Daten der bis dahin erfaßten BDF
- die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben „Organisation und Methodik eines Bodenmonitorings“ (UBA, 1998)
- die LABO-BDF-Richtlinie „Boden-Dauerbeobachtungsflächen – Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ (Entwurf v. 31.10.98)

Im folgenden werden die einzelnen Datengrundlagen erläutert.

2.1 BDF-Datenbank

Eines der Projektziele war der Aufbau einer BDF-Datenbank mit allen BDF-spezifischen Angaben. Im Folgenden werden Struktur und Inhalt der Projekt-Datenbank erläutert.

Zu Projektbeginn wurden dem büro solum Datentabellen (MS ACCESS) mit den bis dahin vorhandenen Daten zu den BDF zur Verfügung gestellt. Sie enthielten Standortdaten (z.B. BDF-Typ, Nutzung, Bodentyp) sowie Angaben zur Erhebungsintensität an den BDF.

Die Angaben zu den einzelnen Untersuchungsbereichen (wie z.B. Bodenphysik, Depositionsmessung) waren dabei in getrennten Tabellen abgelegt. Die Grundstruktur (1:1 Beziehung der Tabellen) der vom UBA gelieferten Datenbank wurde beibehalten. Für einige Untersuchungsbereiche wurden neue Tabellen angelegt sowie die Parameterlisten entsprechend den Ausführungen der Ad-hoc-LABO-Arbeitsgruppe BDF (Ad-hoc-AG BDF, 2000) ergänzt. Die Gliederung und Inhalte der Daten-Tabellen zeigt Tabelle 1.

Ausgehend von einem Datenbestand von 530 BDF wurde die Datentabellen im Zuge dieser Erhebungen ergänzt. Mit Stand Juli 2000 waren 794 in Bodenmeßnetzen integrierte BDF dokumentiert. In Kapitel 3 werden die Standorte nach ihren Eigenschaften differenziert erläutert.

Tabelle 1: Gliederung der Datenbank und Inhalte der Tabellen

Pos.	Inhalt	zugehörige Tabelle in Datenbank
1.	Allgemeine Angaben	
1.1	Standortdaten (BDF- u. Bodentyp, Koordinaten etc.)	T_StandortDaten
1.2	Standortausweisung	T_StandortAusweisung
1.3	Beprobung und Einrichtung	T_BeprobungEinrichtung
1.4	Qualitätssicherung u. Probenlagerung	T_QualitätssicherungProbenlagerung
1.5	Daten und Probenarchivierung	T_DatenProbenArchivierung
2.	Analytik	
2.1	Bodenphysik	
2.1.1	obligatorische Parameter	T_Bodenphysik
2.1.2	ergänzend empfohlene Parameter	
2.2	Bodenchemie	
2.2.1	Bodenfestphase	
2.2.1.1	obligatorische anorganische Parameter	T_BodenchemieAnorganicaTeil1 u. 2
2.2.1.1.1	ergänzend empfohlene anorganische Parameter	
2.2.1.2	obligatorische organische Parameter	T_BodenchemieOrganica
2.2.1.2.1	ergänzend empfohlene organische Parameter	
2.2.2	Bodenwasser	
2.2.2.1	obligatorische Parameter	T_Bodenwasser
2.2.2.2	ergänzend empfohlene Parameter	
2.2.3	Bodenluft	T_Bodenluft
2.3	Bodenbiologie	
2.3.1	obligatorische Parameter	T_Bodenbiologie
2.3.2	ergänzend empfohlene Parameter	
3.	Stoffein- und -austrag (Prozessdokumentation)	
3.1	Klima und Witterung	T_KlimaMessungen
3.2	Depositionsmessungen	
3.2.1	obligatorische Parameter	T_DepositionLuft
3.2.2	ergänzend empfohlene Parameter	
3.3	Düngung und Pflanzenschutz	
3.3.1	obligatorische Parameter bei Düngeruntersuchung	T_DepositionDünger
3.3.2	ergänzend empfohlene Parameter	
3.4	Pflanzeninhaltsstoffe	
3.4.1	obligatorische Parameter	T_PflanzenInhaltsstoffe
3.4.2	ergänzend empfohlene Parameter	
3.5	Bodenwasser (Tensiometer/Saugkerzen)	
3.6	Grundwasser (-meßstelle)	T_AustragBoden_Grundwasser
3.7	Gasphase	
3.8	Bodenerosion	
3.8.1	obligatorische Parameter	T_ErosionWasserWind
3.8.2	ergänzend empfohlene Parameter	
4.	Vegetationsuntersuchungen	
4.1	Obligatorische Parameter	T_Vegetation
4.2	ergänzend empfohlene Parameter	

2.2 Aktualisierung der Datengrundlage

Ein weiteres Projektziel war die Aktualisierung der Datengrundlage. Zum Abgleich und zur Vervollständigung der BDF-spezifischen Daten wurde ein Fragebogen entwickelt, der den zuständigen Behörden der einzelnen Bundesländer vorgelegt wurde. Für die Erfassung neuer Standorte standen Blankoberichte zur Verfügung. Ein Beispiel des Fragebogens ist in Anhang 1 beigelegt. Der Fragebogen besteht aus 3 Unterberichten mit allen zu Projektbeginn verfügbaren BDF-spezifischen Daten.

- **Unterbericht 1:** enthält in tabellarischer Form alle BDF-Standorte des jeweiligen Bundeslandes mit allgemeinen Daten (z. B: BDF-Code, BDF-Typ, R- und H-Wert, Bodentyp, etc.). Er ermöglicht einen schnellen Überblick über die bisher in der Datenbank erfaßten BDF-Standorte des jeweiligen Bundeslandes.
- **Unterbericht 2:** enthält meßnetzspezifische Angaben zu den Themen:
 - 1. Zuständige Behörde/Betreuer/Meßnetzzugehörigkeit
 - 1.1 Standortausweisung
 - 1.2 Beprobung und Einrichtung
 - 1.3 Qualitätssicherung und Probenlagerung/Aufbereitung
 - 1.4 Daten und Probenarchivierung
 - 1.5 Parameter der Standort- und Profilbeschreibung
 - 1.6 Eintrags-Austragsmessungen und Vegetation
 - 1.6.1 Depositionsmessung Luftpfad
 - 1.6.1.1 Parameter Deposition Luftpfad
 - 1.6.2 Deposition Düngemittel
 - 1.6.2.1 Parameter Deposition Düngemittel
- **Unterbericht 3:** enthält die Abfrage nach den standortspezifischen Daten:
 - 1. Allgemeine Angaben (reale Standortsangaben)
 - 2. Analytik
 - 2.1 Bodenphysik
 - 2.2 Bodenwasser
 - 2.3 Bodenbiologie
 - 2.4 Bodenchemie
 - 2.4.1 anorganische Parameter
 - 2.4.2 organische Parameter
 - 2.4.3 Bodenluft

2.2.1 Zur Vollständigkeit der Erfassung

Nicht alle Fragen konnten durch die Fragebögen geklärt werden. Dies lag zum einen an der Nicht-Beantwortung, zum anderen auch an unvollständigen Angaben zu den BDF, welche teilweise selbst durch Rückfragen nicht zu vervollständigen waren.

Für Brandenburg fehlen die aktualisierten Angaben für die Forststandorte. Da es sich in diesem Fall ausnahmslos um Level II-Standorte handelt, wurden für die Datenbank die obligatorischen Erhebungsparameter aus dem Level II - Programm (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1997) übernommen. In gleicher Weise wurde bei den 3 Level II Standorten in Berlin verfahren.

Für Niedersachsen wurden die Parameter-Angaben zu den BDF aus „Arbeitshefte Boden, 2/1997“ übernommen, da kein beantworteter Fragebogen vorlag. Dabei konnte nicht geklärt werden, an welchen Standorten diverse Sonderuntersuchungen (z.B. Radioaktivität, Depositionsmessungen, Probenahme Wirtschaftsdünger) durchgeführt werden. Auch bei den Forststandorten, soweit es sich nicht um Level II-Standorte handelt, sind verschiedene Zuordnungen bzw. Parameterumfänge noch nachzuerheben. Zudem fehlen für 10 BDF (Nds060Le bis Nds070Le, landwirtschaftliche Nutzung) noch die Koordinaten.

Aus Bayern gab es aus organisatorischen Gründen keine Rückmeldung. Hier wurde deshalb auf die Veröffentlichungen der Bayerischen Landanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1997) und des Bayerischen Geologischen Landesamtes (1994) sowie auf die Daten eines Fragebogens aus dem Jahre 1998 zurückgegriffen. Dadurch war es möglich die Parameterumfänge der BDF weitestgehend zu charakterisieren. Es fehlen jedoch noch die allgemeinen Daten (Bodentyp, Geologie, Substrat etc.) für die BDF der Bayerischen Landanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau.

2.2.2 Zu einzelnen Themenbereichen

Für die meisten Untersuchungsbereiche war die Beantwortung zufriedenstellend. Bei folgenden Teilbereichen bleiben die Daten infolge nicht immer eindeutiger Angaben unvollständig:

Parameter: Bei diversen chemischen (z.B. Dioxine) und bodenbiologischen Parametern wurde von den Bundesländern teilweise

noch nicht definitiv festgelegt, an welchen BDF die Untersuchungen gemacht werden sollen.

Intervalle: Zu den Untersuchungsintervallen wurden sehr unterschiedliche Angaben gemacht. Mit Ausnahme der chemischen Standarduntersuchungen sind in den Ländern bisher wenig verbindliche Intervalle zur Wiederholungsbeprobung festgelegt worden (s.a. Kap. 6 Probleme/ Defizite). Eine sehr häufige Antwort bei „nicht stofflichen Untersuchungen“ (z.B. Bodenbiologie) lautet: noch nicht festgelegt.

Auswerteroutinen: Wenig konkrete Angaben wurden auch zum Punkt „praktizierte Auswerteroutinen“ gemacht. In den meisten Bundesländern gab es dazu keine oder nur eine sehr allgemeine Auskunft, die auf wenig entwickelte Konzepte schließen lassen.

2.3 Repräsentanzanalyse aus der Studie „Organisation eines Bodenmonitorings“ 1997

Als eine Möglichkeit länderübergreifender Auswertungen, wurde zu Beginn des Vorhabens in Erwägung gezogen, die länderübergreifende Auswertung auf bundesweit repräsentative BDF zu beschränken. Die Grundlagen für eine bundesweite Repräsentanzanalyse der BDF stammten aus dem F&E-Vorhaben “Organisation eines Bodenmonitoring” (im folgenden: Kieler Studie) von 1997. Dort wurde versucht bestimmte Standorte aus dem BDF-Datenpool (Stand 1997) auszuwählen, auf die sich spätere Auswertungen beschränken könnten, um z.B. Meldungen an die EU-Ebene zu reduzieren und zu vereinfachen.

In der Kieler Studie wurde in einem ersten Schritt durch die Kombination der Merkmale BÜK-Einheit, Ökoklasse und Landnutzung eine Repräsentanzliste der Bodentypen in Deutschland erstellt. Sie umfaßt insgesamt 87 Kombinationen (s.a Anhang 2). In einem zweiten Schritt wurden nach einem spezifischen Verfahren aus dem BDF-Datenpool solche Standorte ausgewählt die den Merkmalskombinationen der Repräsentanz-liste am besten entsprachen. Das Ergebnis dieser Studie war eine Rangliste der 71 „repräsentativsten“ Standorte.

Im vorliegenden Vorhaben wurden die Ergebnisse der Kieler Studie noch einmal kritisch betrachtet, um ihre Einsatzmöglichkeit im Rahmen des Vorhabens zu prüfen. Folgende Merkmale schränken die Einsatzmöglichkeit der Ergebnisse o.g. Studie ein:

- Die 71 „repräsentativsten“ BDF decken nur 44 der 87 Merkmalskombinationen aus o.g Repräsentanzliste ab.
- Der Anteil an Waldflächen beträgt 40%. Unter der Voraussetzung, daß die geplante länderübergreifende Auswertung der BDF sich schwerpunktmässig auf „Nicht-Wald-Flächen“ beziehen soll, ist dieser Anteil zu hoch.
- Nur an 23 BDF (davon nur an 10 Standorten auch Bodensickerwasser) werden Eintrag/Austragsmessungen vorgenommen. Geht man davon aus, daß an den repräsentativen Standorten auch Untersuchungen zur Prozessdokumentation gemacht werden sollen, so ist dieser Anteil zu gering.
- Ergebnisse einer stichprobenhaften Plausibilitätsprüfung der Liste mit den 71 „repräsentativsten“ BDF ergab in Einzelfällen Unstimmigkeiten bezüglich der Zuordnung zu den Legendeneinheiten der BÜK 1000. Darüber hinaus erfüllen manche der für eine Merkmalskombination

ausgewählten BDF nicht die entsprechenden Kriterien. Am deutlichsten trifft dies bei der BDF BayGLA-047 zu. Sie soll für die Kombination BÜK 21 (Braunerde/Parabraunerde/ Pararendzina aus lehmig sandigen Moränenablagerungen) in den Voralpen (Ökoklasse 125) auf Grünland typisch sein. Tatsächlich handelt es sich aber um ein Hochmoor unter Forst.

Fazit: Auf Grund der o.g. Einschränkungen wurde in Abstimmung mit dem Projektbeirat folgende weitere Vorgehensweise vereinbart:

- Die Repräsentanzliste der „Kieler Studie“ wird im Rahmen dieses Vorhabens nicht als Grundlage für weitere Auswertungen herangezogen.
- Das „Kieler Modell“ zur Repräsentanzanalyse zur Auswahl bundesweit repräsentativer BDF müsste nochmals, zumindest mit den aktualisierten Daten und mit weiteren fragebezogenen wichtigen Datenschichten angewandt werden.
- Es soll geprüft werden, ob zukünftige länderübergreifende Auswertungen auf der Grundlage sämtlicher BDF (Gesamtdatensatz) durchzuführen sind, um über die Grundgesamtheit eine bessere statistische Absicherung zu erhalten (s.a. Kap. 4.2.1).

3 BDF-Standorte in Deutschland

In der vorliegenden Arbeit sind die Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland zusammengefaßt, die von den Bundesländern im Rahmen ausgewiesener Bodenmeßnetzen nach den Kriterien der Ad-hoc-Arbeitsgruppe des AK2 der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (Ad-hoc AG BDF, 2000) erfaßt sind und beprobt werden. Mit Stand Juli 2000 waren 794 in Bodenmeßnetzen integrierte BDF dokumentiert. Spätere Meldungen der Bundesländer zur Aktualisierung der Metadaten werden gesammelt und im Rahmen des Folgevorhabens eingearbeitet.

Zusätzlich wurden die im Rahmen des UBA-Depositionsmeßnetzes an 17 Standorten beprobten 45 Leitprofile aufgenommen (UBA, 1993). Sie werden zwar nicht nach den o.g. BDF-Richtlinien betrieben, stellen allerdings in Hinblick auf die Zielsetzung eines bundesweiten Monitorings in Verbindung mit dem Depo-Meßnetz eine gute Datengrundlage dar. Aus diesem Grund werden sie in den Tabellen mit aufgeführt. In die statistischen Auswertungen werden sie nicht einbezogen.

3.1 Überschneidungen mit anderen bundesweiten Boden-Meßnetzen

In manchen Bundesländern werden Standorte des **Level II** Programms des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML, 1997, 1999) in die bundeslandspezifischen Meßnetze eingegliedert (insgesamt 22 BDF, s.a. Tabelle 3).

Im Rahmen des **Dioxin-Referenzmeßprogrammes (DRM)** des Umweltbundesamtes wurde der Boden auf Grund seiner „Integralfunktion“ und „Langzeitgedächtnisses“ in die Auswertungen mit einbezogen. Für das DRM werden Daten von bestehenden BDF ausgewählter Länder hinsichtlich ihrer PCDD/F-Konzentrationen ausgewertet (Entwurf „Dioxin-Referenzmeßprogramm der Bund-Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, Nov. 2000). Die Standorte des DRM sollen entsprechend den Vorgaben der ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) eingerichtet werden. Somit würden sie die Kriterien erfüllen, um ggf. in die vorliegende BDF-Datenbank aufgenommen zu werden. Eine Entscheidung hierüber ist bisher noch nicht erfolgt.

3.2 Zuständigkeiten

Die Zuständigkeiten für Einrichtung und Betreuung der BDF sind in den Bundesländern unterschiedlich verteilt. Tabelle 2 listet die zuständigen Behörden in den einzelnen Bundesländern auf (Stand Juli 200).

Tabelle 2: Zuständigkeiten

Bundesland	Zuständige Behörde
Brandenburg	Landesumweltamt Brandenburg Landesanstalt für Forstplanung
Berlin	Senatsverwaltung Stadtentwickl. Umweltschutz u. Technologie
Baden-Württemberg	Landesanstalt für Umweltschutz
Bayern	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur u. Pflanzenbau Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft Bayerisches Geologisches Landesamt
Bremen*	Bodentechnologisches Institut Bremen (zuständig für Niedersachsen)
Hamburg	Amt für Umweltschutz, Geologisches Landesamt
Hessen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (früher: Hessisches Landesamt für Bodenforschung)
Mecklenburg-Vorpommern	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie - Geologischer Dienst
Niedersachsen	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bodentechnologisches Institut Bremen
Nordrhein-Westfalen	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Rheinland-Pfalz	Forstliche Versuchsanstalt Trippstadt
Schleswig-Holstein	Landesamt für Natur und Umwelt, Abteilung Geologie/Boden
Saarland	Landesamt für Umweltschutz
Sachsen	Landesamt für Umwelt u. Geologie Landesanstalt für Forsten
Sachsen-Anhalt	Landesamt für Umweltschutz Geologisches Landesamt Landwirtschaftlich Untersuchungs- und Forschungsanstalt Forstliche Landesanstalt
Thüringen	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Thüringer Landesanstalt für Geologie
UBA- Depomeßnetz	Umweltbundesamt (Luftmeßnetz)

Anmerkung: * Bremen unterhält kein eigenständiges Bodenmeßnetz. In den folgenden Tabellen wird Bremen zusammen mit Niedersachsen geführt.

3.3 Bestand und Eigenschaften

Die allgemeinen Standortdaten charakterisieren den Untersuchungsstandort als Ganzes. Für die bundesweite Auswertung wurden die folgenden Daten übermittelt: BDF-Typ, Nutzung, Bodentyp, Ausgangsgestein (Geologie), Substrat, Belastung sowie die am Standort erhobenen Parameter.

Im Folgenden werden die Standorte nach ihren Eigenschaften differenziert erläutert.

3.3.1 BDF-Typ

Der überwiegende Anteil der BDF (739, 93%) wird als Basis-BDF betrieben, 55 (7%) Standorte sind als Intensiv-BDF (Intensiv + Level II) eingerichtet. Die BDF-Typen unterscheiden sich folgendermaßen:

- **Basis-BDF:** Standorte an denen ein Grundmeßprogramm durchgeführt wird. Der Beprobungsturnus beträgt i.d.R. mehrere Jahre. Sie dienen oft zur Erhebung von länderspezifischen Hintergrundgehalten und als Referenzstandorte.
- **Intensiv-BDF:** Standorte an denen i.d.R. kontinuierliche Ein- und Austragmessungen zur Ermittlung von Schadstofffrachten und –bilanzen durchgeführt werden.
- **Level II – Standorte:** Standorte der forstlichen Waldschadenserhebung zu nennen. Art und Umfang der Untersuchungen sind in den Schriften zum Level II – Programm festgelegt (BML, 1997, 1999). Sie entsprechen am ehesten den Intensiv-BDF.

Umfang und Intensität der Untersuchungen bei Basis und Intensiv-BDF sind in den Bundesländern, manchmal sogar von BDF zu BDF, unterschiedlich. Tabelle 3 zeigt die Anzahl der BDF je Bundesland nach BDF-Typ aufgeschlüsselt. In Anlage K1 (Karte) sind alle Standorte nach BDF-Typ dargestellt.

Länderspezifische Besonderheiten werden im folgenden erläutert.

Baden-Württemberg: Baden-Württemberg betreibt 39 BDF (35 Basis- und 4 Intensiv-BDF). An den Basis-BDF läuft z. Zt. der 2. Untersuchungsdurchgang (Zweitbeprobung an 20 Flächen abgeschlossen). Der zeitliche Abstand von erster und zweiter Untersuchung liegt damit bei 14 Jahren. An den Intensiv-BDF werden Eintrag-/Austrag-Untersuchungen in hoher

zeitlicher Dichte durchgeführt (Wiederholungsuntersuchungen des Bodens nach 3 Jahren; Gesamt-Deposition 14-tägig, Bodensickerwasser in mehreren Bodentiefen 4-wöchig; Aufwuchs bzw. Streufall halbjährlich, etc.).

Die Übersichtstabellen und Statistiken dieses Berichts legen noch 156 Basis-BDF für B.-W. zugrunde. Diese Standorte der Ersterhebung in B.-W. wurden 1986 als landesrepräsentative Bodendauerbeobachtungsflächen für zeitlich wiederholte Untersuchungen, allerdings nicht mit Blick auf heutige Anforderungen an eine bundeseinheitliche Bodendauerbeobachtung eingerichtet. In einer Fortschreibung dieses Berichts werden die Darstellungen zum bundesweiten Bestand an BDF entsprechend anzupassen sein.

Bayern: Für Bayern lagen Informationen über 248 BDF vor. Von den 59 BDF des Bayerischen Geologischen Landesamtes sind 8 spezielle Radioaktivitätsstandorte (Radio_BDF), wobei an 6 Radio_BDF nur die Radioaktivität gemessen wird. 56 BDF werden von der Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, weitere 133 BDF von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau betreut. Eine Aktualisierung der Metadaten ist noch nicht erfolgt. Alle folgenden Angaben zu den Erhebungsparameter sind daher mit Vorbehalt zu versehen.

Bremen: Das Bundesland Bremen unterhält kein eigenes Bodenmeßnetz. Es besteht eine Zusammenarbeit zwischen dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung und dem Bodentechnologischen Institut in Bremen. Die landwirtschaftlichen BDF beider Länder werden vom Bodentechnologischen Institut in Bremen bearbeitet.

Hessen: In Hessen sind von den 56 Basis-BDF gleichzeitig 26 Standorte auch Musterstücke der Bodenschätzung. In Zukunft ist geplant, nachzuschätzende Musterstücke der OFD in das BDF-Programm aufzunehmen.

Niedersachsen: Bei den Forststandorten wurde teilweise auf Flächen zurückgegriffen, an denen bereits 10 - 20-jährige Meßreihen zur Verfügung stehen. Insbesondere ist hier das sogenannte Solling-Projekt (Universität Göttingen) zu nennen. BDF Nds070Le ist noch nicht eingerichtet.

Sachsen-Anhalt: Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung wurden für den Zeitraum von 3 Jahren eine Anbindung von 2 Intensivmeßstellen in der Elbaue des Umweltforschungsinstitutes in Leipzig (UFZ) vereinbart. Diese Flächen werden nicht in der Datenbank geführt. Zur Zeit sind 40 BDF eingerichtet. Für 2000 ist die Einrichtung von weiteren 7 Flächen geplant, insgesamt sind 65 Standorte für Sachsen-Anhalt vorgesehen.

Thüringen: Die 2 Forststandorte sind mit dem Level II Programm verknüpft.

3.3.2 Nutzung

Tabelle 3 zeigt die Aufschlüsselung der BDF nach der Nutzung, in Anlage K2 (Karte) sind alle Standorte nach Nutzungen dargestellt.

Die Verteilung der BDF-Hauptnutzungen entspricht gut den prozentualen Anteilen aus der Karte der Haupt-Land-Nutzung 1:1.000.000 (HLN, Utermann et. al. UBA, 1999). Die Siedlungsflächen sind dagegen noch unterrepräsentiert.

Tabelle 3: Aufschlüsselung der BDF nach Bundesländern, BDF-Typ und Nutzung

Bundesland	Anzahl	Basis	Intensiv	Level II	Acker**	Grünland	Forst	Sonder- kulturen	Siedlungs- flächen	Sonstige***
Brandenburg	36	30	-	6	23	7	6	-	-	-
Berlin	3	-	-	3	-	-	3	-	-	-
Baden-Württemberg	160	156 (35) ¹⁾	4	-	50	43	67	-	-	-
Bayern*	248	248 ²⁾	-	-	133	18	81	1	2	7
Hamburg	3	3	-	-	-	2	1	-	-	-
Hessen	59	55 ³⁾	4	-	26	8	22	2	-	1
Mecklenburg-Vorpommern	17	17	-	-	9	8	-	-	-	-
Niedersachsen	90	74	16	-	49	18	20	1	1	1
Nordrhein-Westfalen	20	20	-	-	-	4	14	-	2	-
Rheinland-Pfalz	16	9	-	7	-	-	16	-	-	-
Schleswig-Holstein	34	34	-	-	14	12	4	1	1	2
Saarland	11	11	-	-	4	1	4	1	-	1
Sachsen	38	28	4	6	31	1	6	-	-	-
Sachsen-Anhalt	40	40	-	-	15	6	13	-	-	6
Thüringen	19	14	5	-	13	4	2	-	-	-
UBA- Depomeßnetz	45	45	-	-	14	9	22	-	-	-
Summe (ohne UBA)	794	739	33	22	367	132	259	6	6	18
Prozent	100	93	4	3	46,2	16,6	32,6	0,8	0,8	2,3
HLN (Vergleich, %)					51	13	29		7	

Anmerkung: ¹⁾ Baden-Württemberg reduziert die Basis-BDF auf ca. 35 Basis-Standorte ²⁾ Bayern: 8 Standorte sind Radioaktivitätsmeßstellen ³⁾ Hessen: 26 Basis-BDF sind Musterstücke der Bodenschätzung; * Daten noch nicht aktualisiert, **incl. Brache; ** z.B. Ödland, NSG, Rekultivierungen

3.3.3 Belastungsrepräsentanz

Ca. 12 % der BDF werden von Bundesländern als „belastet“ ausgewiesen (Tabelle 4). Als häufigster Grund wird die Belastung mit Schwermetallen (z.B. geogen, Deposition über Luftpfad) und die Bodenversauerung (Forst) genannt. Für einige Bundesländer fehlen die Angaben zur Art der Belastung. Die Belastungsursache sollte hier nacherhoben werden.

Tabelle 4: Art der Belastung an BDF

Bundesland	Anzahl BDF	Ursache der Belastung
Brandenburg	2	Güllehochlastflächen
Berlin	3	Deposition (Versauerung, Forst)
Baden-Württemberg	4	Deposition über Luftpfad
Bayern*	16	?
Hamburg	0	
Hessen	5	?
Mecklenburg-Vorpommern	5	?
Niedersachsen	12	4x nicht stoffliche Belastung (Erosion) 3x Klärschlamm; 3x belast. Flußsedimente 2x Deposition
Nordrhein-Westfalen	16	Forst (14) Säureeintrag, Siedlungsfl. (2)
Rheinland-Pfalz	0	
Schleswig-Holstein	2	Baumschule, Stadtpark
Saarland	6	Schwermetalle, geogen und depositionsbedingt (Forst)
Sachsen	9	Forst (6) Säureeintrag 1x Landwirtschaft intensiv 2x Schwermetalle
Sachsen-Anhalt	9	?
Thüringen	8	?
UBA- Depomeßnetz	8	Schwermetalle, geogen
Summe (ohne UBA)	97	
Prozent	12	

**Daten nicht aktualisiert*

Da der Begriff „Belastung“ sehr unterschiedlich gebraucht wird, ist es im Zuge weiterer Erhebungen von Metadaten notwendig, den Begriff der Belastung zu differenzieren.

Prinzipiell können 4 Kategorien der Belastung unterschieden werden:

- Tatsächliche (festgestellte) Belastung mit Schadstoffen auf Grund geogener (erhöhter „natürlicher“ Gehalt an Schwermetallen bestimmter Ausgangsgesteine) oder anthropogener Einflüsse (z.B. hoher SM-Gehalt infolge historischen Bergbaus, Klärschlammausbringung, SM-Gehalte in Flußsedimenten)
- Tatsächliche nichtstoffliche Belastung (Wind- und Wassererosion, Verdichtungen)
- Potentiell gefährdete Standorte, die möglicherweise auf Grund ihrer Lage (z.B. Ballungsraum) erhöhten Stoffeinträgen über Deposition ausgesetzt sind
- Potentielle nichtstoffliche Belastungen (Wind- und Wassererosion, Verdichtungen); Standorte, die auf Grund ihrer Lage (z.B. landwirtschaftliche Standorte in Hanglage) oder durch Meliorationsmaßnahmen (z.B. vererdeter Torf durch Grundwasserabsenkung) gefährdet sind.

3.3.4 Bodentyp

Im folgenden werden die BDF nach ihrem Hauptbodentyp aufgeschlüsselt, in Anlehnung an die Auswertungen der BZE (Tabelle 5). Übergangstypen werden dabei dem jeweils bestimmenden Bodentyp zugeordnet (z.B. SS-BB zu Braunerde). Für 199 BDF liegen keine Informationen über den Bodentyp vor.

Der Hauptbodentyp Braunerde ist mit 23,6% am häufigsten vertreten. Pseudogleye und Parabraunerden nehmen mit jeweils ca. 10% noch einen recht großen Prozentteil ein, während die anderen Bodentypen mit Anteilen von weniger als 5% vertreten sind.

Tabelle 5: Prozentuale Häufigkeiten der Haupt-Bodentypen der BDF

Hauptbodentypen	Anzahl	%
Braunerde	187 (13)*	23,6
Parabraunerde (Fahlerde)	81 (3)	10,2
Pseudogleye (Haftnässe- und Stagnogley)	78 (9)	9,8
Vega, Auenpararendzina	37	4,7
Rendzina, Pararendzina	34 (1)	4,3
Podsol	33 (6)	4,2
Moor	26 (1)	3,3
Gley (Anmoorgley)	26 (2)	3,3
Terrestrische anthropogene Böden (YY, YE, YO, YU)	20 (1)	2,5
Pelosol	18 (1)	2,3
Tschernosem	14	1,8
Kolluvisol	12 (4)	1,5
Marschböden (MC, MN, MK, MO)	12 (2)	1,5
Terra Fusca	10 (2)	1,3
Ranker, Regosol	6	0,8
Subhydrische Böden	1	0,1
keine Angabe (BY, NRW)	199	25,1
Summe (ohne UBA)	794	100

*(Anzahl Bodentypen im UBA-Depomeßnetz)

Die Angaben zu den Bodentypen besitzen informativen Charakter. Für eine weiterführende länderübergreifende Auswertung werden sie nicht benötigt. Sinnvoller ist eine Zuordnung der BDF zu Bodenausgangsteinen (BAG), da sie einen Vergleich mit Hintergrundwerten erlaubt (s.a. Kap. 4.3.1). Auf Grund der Datenlage war es nicht möglich diese Zuordnung vorzunehmen. Bei der Fortschreibung dieses Vorhabens sind die BAG noch nachzuerheben.

3.3.4.1 Zuordnung zur Bodenübersichtskarte BRD (BÜK 1000)

Die Zuordnung zu den Legendeneinheiten der BÜK 1000 liegt für 482 BDF-Standorte vor (Kieler Studie 1997). Die „Zuordnungsmethodik“ ist nicht bekannt. Im Rahmen dieses Vorhabens war es nicht vorgesehen diese Datenlücke zu schließen.

Die Verteilung auf die einzelnen Legendeneinheiten zeigt Tabelle 6. Von den 72 Legendeneinheiten sind 62 vertreten, die häufigsten Nennungen mit 29 Standorten sind in der Einheit 42 (Parabraunerde, Fahlerde, Pseudogley-Parabraunerde bzw. -Fahlerde, z.T. Pseudogley) zu verzeichnen.

Tabelle 6: Zuordnung der BDF zu Legendeneinheiten der BÜK 1000

BÜK 1000	Anzahl	BODENTYP
1	2	Podsol-Regosol, Lockersyrosem; ältere Dünen z.T mit Ortssteinpodsol
2	4	Nasse Wattböden
3	1	Marschböden, überwiegend Kalkmarsch
4	4	Kleimarsch, Brackmarsch
6	15	Niedermoorböden (kalkhaltig), vergesellschaftet mit Moorgley, Anmoorgley, Gley
7	7	Hochmoorböden
8	9	Auenböden
10	7	Gleye
11	13	Auenböden wechselnd mit Gleyen
12	4	Gley, Braunerde-Gley
13	3	Pararendzina, z.T. Auenrendzina
14	10	Örtlich Pararendzina und flache Braunerde
15	4	Parabraunerde, z.T. Parabraunerde-Pseudogley
16	16	Braunerde, in Norddeutschland oft Podsol-Braunerde
17	10	Podsol, Braunerde-Podsol, u.a. Gley-Podsol, Podsol-Gley
18	5	Braunerde, u.a. Parabraunerde, örtlich Pararendzina, Pelosol, Pseudogley
19	17	Parabraunerde und Fahlerde, Pseudogley-Parabraunerde bis Pseudogley
20	3	Parabraunerde-Tschernosem, Parabraunerde
21	12	Braunerde, Parabraunerde, Pararendzina, Pseudogley-Parabraunerde
22	6	Pseudogley
23	2	Pseudogley-Gley, Pseudogley
25	3	Podsol-Parabraunerde, Podsol-Fahlerde
26	2	Fahlerde, Bänder-Parabraunerde, z.T. Braunerde, Podsol-Braunerde
27	3	Pararendzina, Regosol, Bänder-Parabraunerde, Braunerde, örtlich Fahlerde, Gley
28	3	Podsolierter Pseudogley-Braunerde, Pseudogley-Fahlerde
29	1	Braunerde-Pseudogley, Podsol-Pseudogley, Pseudogley
30	9	Braunerde, örtlich Parabraunerde, Pseudogley bis Stagnogley
31	14	Braunerde-Podsol, Podsol-Braunerde bzw. -Bänderparabraunerde

Fortsetzung Tabelle 6:

BÜK 1000	Anzahl	BODENTYP
32	3	Braunerde, Podsol-Braunerde, Bänderparabraunerde
33	10	Eisenhumuspodsol, Podsol-Treposol, Podsol-Regosol
35	1	Pararendzina, Rendzina, Rigosol
36	6	Tschernosem
37	1	Tschernosem, Braunerde, Rendzina
38	2	Tschernosem, Pseudogley-Tschernosem
40	11	Tschernosem-Parabraunerde oder Parabraunerde-Tschernosem
42	29	Parabraunerde, Fahlerde, Pseudogley-Parabraunerde bzw. -Fahlerde
46	3	(Bänder-)Parabraunerde, Fahlerde, Braunerde
47	4	Braunerde, z.T. Parabraunerde, Pseudogley
48	5	Pseudogley mit Übergängen zu Braunerde und Parabraunerde
49	23	An Hängen Rendzina und Braunerde-Rendzina, Pararendzina, auf Hochflächen Terra fusca-Braunerde und -Parabraunerde
50	22	Braunerde und Terra fusca, Rendzina auf Kuppen und Steilhängen
51	19	Pelosol-Braunerde bis Pelosol, Pelosol-Pseudogley
52	18	Braunerde, z.T. Pseudogley-Pelosol
53	1	Braunerde
55	19	Braunerde, verbreitet Podsol-Braunerde
56	2	Braunerde
57	7	Podsolige Braunerde und Podsol-Braunerde
58	12	Braunerde und Podsol-Braunerde
59	15	Braunerde und Podsol-Braunerde
60	2	Podsolige Braunerde, Podsol-Braunerde
61	25	Braunerde oft podsolig
62	2	Braunerde oft podsolig
63	7	Podsol-Braunerde bis Braunerde-Podsol, Podsol-Pseudogley
64	4	Pseudogley und Podsol-Pseudogley
66	11	Engräumiger Wechsel verschiedener Bodentypen
68	9	Engräumiger, häufig vertikaler Wechsel verschiedener, oft flachgründigen Böden
69	2	Syrosem
70	14	Syrosem, Regosol, Pararendzina, Hortisol
71	2	Kippen-Rohböden und Kippen-Ranker
72	1	Subhydrische Böden

3.4 BDF-Auswahlkriterien

Nach den vorliegenden Informationen der Bundesländer kann davon ausgegangen werden, daß die ausgewählten BDF länderspezifische Repräsentanz besitzen. Es wurde deutlich, daß die Grundintention auf dem Schwerpunkt der Erfassung von Hintergrund- bzw. Grundbelastungen der Böden sowie deren Veränderungen liegt. So sind als wichtigste (häufigste) Auswahlkriterien Landschaftsrepräsentanz (mit Berücksichtigung der naturräumlichen Gliederung) und Bodenregionen/-Gesellschaft (Bodentyp und Ausgangsgestein) genannt. Danach rangieren die Kriterien nach Belastungsklassen wobei vorrangig Emittentennähe bzw. –ferne eine Rolle spielten.

Ausnahmen hiervon bilden die als „belastet“ ausgewiesenen BDF (s.a. Kap. 3.3.3). Sie sind nicht als flächenrepräsentative Standorte anzusehen, und deshalb auch nicht bei einer länderübergreifenden Auswertung zu berücksichtigen.

3.5 Koordinaten

Die Koordinaten der BDF-Standorte sind in dem gebräuchlichen Gauss-Krüger-Format - bezogen auf die entsprechenden Hauptmeridiane – angegeben und in der Datenbank abgelegt. Zur einfacheren grafischen Darstellung in einem GIS (z.B. ArcInfo oder ArcView) sollten in Zukunft die Koordinaten einheitlich auf einen definierten Hauptmeridian umgerechnet werden.

3.6 Einrichtungszeitraum und Wiederholungsbeprobungen (Intervalle)

Die Einrichtung der BDF-Meßnetze der Länder umfassen den Zeitraum von 1985 bis 1999. In einigen Ländern ist die Einrichtung noch nicht vollständig abgeschlossen (Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt u. Niedersachsen).

Der Turnus der Wiederholungsbeprobungen wird in jedem Bundesland unterschiedlich festgelegt. Die Parameter der Bodenphysik werden i.d.R. nur einmal erhoben. Für die anorganischen und organischen Schadstoffe werden verschiedene Intervalle angegeben. Eine detaillierte Auswertung bezüglich der Intervalle erscheint zum jetzigen Zeitpunkt wenig sinnvoll, da viele Bundesländer die Intervalle noch nicht festgelegt haben, und zudem Änderungen auf Grund neuer Erkenntnisse jederzeit möglich sind. Es wird deshalb empfohlen im Einzelfall die gewünschten Informationen direkt bei den Betreuern der Meßnetze jeweils aktuell abzufragen. Darüber hinaus sollte auf der LABO-Ebene ein Austausch über aktuelle Erkenntnisse bzw. eine Absprache zum Thema „parameterspezifische Intervalle“ erfolgen.

Schleswig-Holstein und Saarland haben im Jahr 1999 die erste Wiederholungsbeprobung einheitlich für alle BDF durchgeführt. Auch in Bayern sind schon Wiederholungsbeprobungen durchgeführt worden. In Nordrhein-Westfalen sind Wiederholungsbeprobungen geplant, die Analytik soll jedoch nur an ausgewählten Standorten und auf spezifische Parameter erfolgen (iteratives Vorgehen).

3.7 Auswerteroutinen auf Länderebene

Im Fragebogen wurde auch nach den praktizierten Auswerteroutinen auf Länderebene gefragt. Da in den meisten Bundesländern bisher nur die Erstbeprobung der BDF durchgeführt wurde, gibt es bis dato wenig Angaben. I. d. R. wurden die Daten der Erstbeprobung hinsichtlich ihrer Flächenvariabilität untersucht (ausführliche Darstellungen in Bayern LBP, 1997, Saarland, 1999; Niedersachsen, 1997, 1998). Dabei kommen einfache statistische Verfahren wie z.B. Arithmetischer Mittelwert, Median und Standardabweichung der Einzelmischproben zur Anwendung. Teilweise (Saarland) werden Vergleiche der Flächendaten mit den Profildaten durchgeführt.

Weitergehende Auswertungen liegen z.B. in Hessen und Sachsen vor. Die Hessische Landesanstalt für Bodenforschung hat eine flächenbezogene, überregionale Auswertung vorgenommen (Emmerich u. Lügger, 1998). Dabei wurden die Gesamtvorräte pro Fläche und Horizonte (bis max. 30cm) in kg/ha berechnet. Anhand einer Testauswertung (Austauschkapazität, Kalziumgesamtgehalte) wurden die Ergebnisse auf ein Kartenblatt BK 25 (Münden) übertragen.

In Sachsen wurden an zwei Intensivstandorten Stoffbilanzierungen (Barth, N., 1998) für As, Cd und Pb unter Berücksichtigung der Eintragspfade Deposition/ Dünger/ Verwitterung und Austragspfade berechnet. Auch solche Daten zur Prozessdokumentation könnten in einen länderübergreifenden Zusammenhang gestellt werden, um Problemschwerpunkte aufzuzeigen.

Niedersachsen hat mit den Szenario-Versuchen einen interessanten, über die gewöhnliche Auswertung hinausgehenden Ansatz gewählt. Mit den Szenario-Versuchen sollen in Feldversuchen mögliche Bodenveränderungen "simuliert" werden, um ggf. zukünftige potentielle Veränderungen im Vorfeld zu erkennen und nicht erst im nachhinein. Die Übertragung einer solchen, stark am Vorsorgegedanken orientierten Vorgehensweise auf einen größeren Datensatz wäre zu prüfen.

3.8 Datenarchivierung und Dokumentation

Die Datenarchivierung und Dokumentation wird in den Bundesländern unterschiedlich gehandhabt. In Tabelle 7 sind die Informationen hierzu entsprechend den Angaben der Bundesländer aufgeführt.

In einigen Bundesländern (z.B. Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt) erfolgt die Datenhaltung dezentral. So sind z.B. die bodenphysikalischen Daten beim Geologischen Landesamt, die bodenchemischen und vegetationskundlichen Ergebnisse beim Landesamt für Umweltschutz hinterlegt. Bei der länderübergreifenden Erhebung ergibt sich daher die Schwierigkeit, die entsprechenden Daten alle möglichst zeitnah zu erfassen, sofern sie nicht bereits vorher zusammengeführt wurden.

Tabelle 7: Archivierung und Dokumentation

Bundesland	Archivierung/Dokumentation
Brandenburg	k.A.
Berlin	k.A.
	Bodeninformationssystem
Baden-Württemberg	Verschiedene Berichte: Bodenmeßnetz Baden-Württemberg 1988 Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg, 1993 u. 1999
Bayern	Berichte nach 10jähriger Laufzeit 1984-1995 (LBP) Teil I bis III (1997) Fachberichte des GLA (1994)
Hamburg	k.A.
Hessen	Fachinformationssystem Boden/Bodenschutz Bericht über Organisation und Einrichtung
Mecklenburg-Vorpommern	k.A.
Niedersachsen	NIBIS Arbeitshefte Boden 2/97 (Organisation, Einrichtung, erste Ergebnisse)
Nordrhein-Westfalen	k.A. Bericht über Organisation und Einrichtung
Rheinland-Pfalz	k.A. Waldzustandsbericht (BZE, Level II)
Schleswig-Holstein	k.A.
Saarland	Bodeninformationssystem des Saarlandes (SAAR-BIS) Boden-Dauerbeobachtungsflächen im Saarland, 1999
Sachsen	k.A.
Sachsen-Anhalt	Zentrale BDF-Datenbank Bericht über Organisation und Einrichtung
Thüringen	k.A.

3.9 Erhebungsintensität

Im folgenden werden nach Bundesländer gruppiert die Erhebungsintensitäten an den BDF in Tabellenform dargestellt. Detaillierte Informationen zu einzelnen BDF sind der Datenbank zu entnehmen (s.a. Kap. 2.1.) Für alle Tabellen gilt die Einschränkung, daß die Daten der bayerischen BDF noch nicht aktualisiert sind. Daraus ergeben sich teilweise Differenzen zur Gesamtanzahl der BDF (794). In verschiedenen Tabellen wurden die Angaben zu einzelnen Bundesländern zusätzlich nach Nutzungen getrennt, da die Erhebungsintensitäten teilweise uneinheitlich sind.

Die dargestellten Ergebnisse entsprechen den Angaben der Bundesländer in den Fragebögen. Auf die Frage nach der Vollständigkeit der Angaben wurde bereits in Kap. 2.2.1 eingegangen. Eine statistische Auswertung erfolgt nicht, da unterschiedliche Zielsetzungen auch unterschiedliche Parameterzusammensetzungen bedeuteten. Somit ist eine einheitliche Grundlage für prozentuale Angaben nicht gegeben.

3.9.1 Beprobungsverfahren

Tabelle 8 zeigt die praktizierten Probennahmeverfahren in den Bundesländern. Für die Einrichtung und den Betrieb von BDF werden zwei prinzipielle Probennahmeverfahren unterschieden:

- Bodenprobennahme an Schürfgruben
- Flächenbezogene Beprobung des Oberbodens und der tieferen Bodenhorizonte (hier wiederum ist die tiefenstufen- oder horizontorientierte Entnahme zu unterscheiden)

Die Beprobungsverfahren können je nach Parametergruppen verschieden sein. Die Proben für die bodenphysikalische Analytik werden i.d.R. aus den Schürfgruben entnommen (Ausnahme: in Niedersachsen werden die Korngrößen auch noch an den Kernflächen analysiert). Die Entnahme erfolgt i.d.R. horizontorientiert.

Bei der flächenbezogenen Beprobung für die chemische Analytik werden 3 Varianten angewandt: Rotierende Diagonale, Rasterbeprobung und zufallsverteilt. Oft wird der Boden sowohl flächenbezogen als auch an der Profilgrube beprobt. Tabelle 8 zeigt, daß die rotierende Diagonale und die Rasterbeprobung bei der flächenbezogenen Beprobung des Oberbodens vorrangig angewandt werden. Im Rahmen der bodenkundlichen

Untersuchungen des UBA-Depositionsmeßnetzes wurden neben den Profilgruben auch Proben aus dem Umfeld genommen. Angaben zur Vorgehensweise liegen aber nicht vor.

Die Vorgehensweise bei der vertikalen Probennahme ist i.d.R. nutzungsabhängig. Auf landwirtschaftlichen BDF überwiegt die horizontorientierte Entnahme (mit Ausnahme von Niedersachsen), bei den Forst-BDF die Beprobung nach Tiefenstufen. Dieser Umstand ist bei länderübergreifenden Auswertung zu berücksichtigen.

Tabelle 8: Probennahmeverfahren

BDL	Horizontal Rot. Diagonalen	Horizontal zufallsverteilt	Horizontal Raster	Horizontal Profil	Vertikal horizontorientiert	Vertikal Tiefenstufen
BB (A,G)	-	-	X	-	X	-
BB (F)	-	-	-	X	-	X
BE (F)	-	-	-	-	-	X
BW	-	X	-	X	X	-
BY*	X	-	-	-	X	-
HH	-	-	X	-	X	-
HS (A,G)	-	-	X	-	X	-
HS (F)	X	-	-	-	X	-
MV	X	-	-	-	X	-
NI (A,G)	X	-	-	-	X ¹⁾	X
NI (F)	-	X	-	-	-	X
NRW	-	-	X	-	-	X
RP (F)	-	-	X	-	-	X
SH	X	-	-	-	X	-
SL	X	-	-	-	X	-
SN (A,G)	X	-	-	X ²⁾	X	-
SN (F)	-	-	X	X	-	X
ST	X	-	-	-	X	-
TH (A)		X	-	X	X	X
UBA	-	-	-	X	-	X

* Daten nicht aktualisiert, ¹⁾ nur am Profil; ²⁾ an Intensiv-BDF

3.9.2 Bodenphysik

Tabelle 9 gibt einen Überblick über bodenphysikalischen Erhebungen an den BDF. Die Grund-Parameter Korngrößen und Rohdichte, welche für die Stoffvorratsberechnungen unbedingt erforderlich sind, werden an fast allen BDF erhoben. Nur im Saarland sind bis dato nicht alle BDF bodenphysikalisch untersucht. Die restliche Differenz zur Gesamtanzahl der BDF (794) ergibt sich ferner durch die noch nicht aktualisierte Datengrundlage der bayerischen BDF. Es ist jedoch anzunehmen, daß auch hier an allen BDF diese beiden Parameter untersucht wurden. Die jeweils angewandte Methodik entspricht i.d.R. den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000).

Die ergänzend empfohlenen, kontinuierlich zu erhebenden Parameter (Bodenwassergehalt mittels TDR, Bodensaugspannung und Bodentemperatur) werden i.d.R. nur an Intensiv-BDF durchgeführt. Hinsichtlich des nichtstofflichen Bodenschutzes sind die Parameter Aggregatstabilität und Durchdringungswiderstand von Bedeutung und können für differenziertere Auswertungen bezüglich Erosion und Verdichtung herangezogen werden. Auch sie werden nur an wenigen Standorten (z.B. 7 BDF in Bayern) untersucht.

Die bodenphysikalischen Parameter werden i.d.R. nur einmal bei der Einrichtung der BDF an Proben aus Schürfgruben ermittelt. Abweichende Intervalle werden in Hessen und Sachsen-Anhalt mit >10 Jahren, auf den landwirtschaftlich genutzten BDF in Niedersachsen(n=70) mit 8 Jahren und im Saarland mit 5 Jahren angegeben.

Tabelle 9: Bodenphysikalische Erhebungen an BDF

BDL	Korngrößen	Rohdichte	Festsubstanz- dichte	Porengrößen- verteilung	Ges. Leitfähigkeit Kf	unges. Leitfähigkeit Ku	Wassergehalt, volum./grav.	unges. Leitfähigkeit Geländeunters.	Durchdringungswider- stand	Aggregatstabilität	Bodenwassergehalt in situ , z.B. TDR	Bodensaugspannung, Tensiometer	Bodentemperatur
BB	36	36	-	36	36	-	-	-	-	6	-	-	-
BE	3	3	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-
BW	160	160	4	160	-	-	-	-	-	-	4	4	-
BY*	186	186	-	186	-	-	-	-	-	133	-	-	-
HH	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS	59	59	-	59	59	-	-	-	-	2	-	-	-
MV	17	17	-	17	-	17	-	-	-	-	-	17	-
NI	90	90	-	90	90	90	-	-	70	-	-	7	7
NRW	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP	16	16	16	16	16	-	-	-	-	-	2	2	-
SH	34	34	-	34	34	-	34	-	-	-	-	-	-
SL	2	8	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN	38	38	-	32	32	-	-	-	-	-	4	4	-
ST	40	40	40	40	40	-	40	-	-	-	-	-	-
TH	19	19	-	19	19	-	-	-	-	14	1	-	-
UBA	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe (ohne Uba)	723	729	60	703	330	107	74	0	70	155	11	34	7

* Daten nicht aktualisiert; Fett gedruckte Parameter = obligatorische

3.9.3 Bodenchemie

Die bodenchemischen Parameter sind wichtige Kenngrößen des Ökosystems Boden. Um die Bodeneigenschaften der BDF zu charakterisieren und deren zeitliche Entwicklung zu verfolgen, wurden in den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) anorganische und organische Parameter angegeben, die - teilweise in Abhängigkeit der Nutzung und Untersuchungsziel - an den BDF zu untersuchen sind.

Im Folgenden wird der Parameterumfang der BDF bundeslandspezifisch dargestellt. In den Tabellen wurde jeweils die Anzahl der BDF eingetragen, an denen die jeweiligen Parameter analysiert werden. Die entsprechende Gesamtzahl erlaubt eine Abschätzung über die Größe der möglichen Datenkollektive eines Parameters.

3.9.3.1 Anorganische Parameter

Tabelle 10 zeigt die Erhebungsintensität bezüglich der anorganischen Parameter an den BDF.

Parameter: Von den obligatorischen Parametern werden der pH-Wert, Corg., N-gesamt und die Schwermetalle an allen BDF analysiert.

Parameter wie z.B. Carbonatgehalt oder effektive Kationenaustauschkapazität werden i.d.R. nur an BDF mit entsprechenden Bodeneigenschaften (Carbonatgehalt >0 bzw. pH-Wert <7) bestimmt.

Die Parameterzusammensetzung bei den Gesamtgehalten ist sehr unterschiedlich. Nur in Berlin und Mecklenburg-Vorpommern werden alle obligatorischen Elemente analysiert.

Von den ergänzend empfohlenen Parametern werden die extrahierbaren Schwermetalle und die Nährstoffgehalte auf Landwirtschafts-BDF am häufigsten untersucht.

Methoden: Die Analysenmethoden entsprechen weitestgehend den Vorschlägen der Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000). Bei den Schwermetallen wird überwiegend die Königswasser-Extraktion eingesetzt. Ausnahmen bilden die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Sachsen, die Analysen im Rahmen des UBA-Depositionsmeßnetzes sowie einige Forst-BDF. Dort werden die SM-Gehalte als Totalgehalte mit unterschiedlichen Methoden (z.B. RFA, HF-Druckaufschluß) bestimmt. Diese Ergebnisse wären im Zuge einer länderübergreifenden Auswertung in KW-extrahierbare Gehalte umzurechnen (s.a. Kap. 4.2.5.1). Die mobilen SM-Gehalte werden nur zu 50% in der geforderten NH_4NO_3 -Extraktion bestimmt. In BY (Bay_GLA-BDF) NI, RP, SH und UBA-Depositionmeßnetz wurden davon abweichende Analysenmethoden eingesetzt (z.B. EDTA Extrakt, DTPA-Extrakt). Da hier keine Umrechnungsmöglichkeiten in NH_4NO_3 -extrahierbare Gehalte vorhanden sind, können die Daten dieser Länder für einen länderübergreifenden Vergleich nicht herangezogen werden.

Intervalle: Die Intervalle der Wiederholungsbeprobung werden in den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) für die anorganischen Parameter (außer den verfügbaren Nährstoffen und Tonmineralbestand >15 Jahre) i.d.R. mit > 5 Jahren angegeben. Baden-Württemberg hat bei den SM mit 3 Jahren (nur bei Intensiv-BDF) das kürzeste Intervall angegeben, gefolgt von Saarland und Sachsen mit 5 Jahren. Die restlichen Bundesländer geben 10 bzw. > 10 Jahre als Intervall an.

Häufig finden sich keine Angaben zu den Intervallen. Eine Festlegung ist in diesen Fällen noch nicht erfolgt, da u. U. noch Detailuntersuchungen zur Bestimmung sinnvoller, elementspezifischen Intervallen in Bearbeitung sind. Bei Parametern wie z.B. Radionukleide ist eine Wiederholungsbeprobung im Einzelfall ereignisbedingt.

Tabelle 10: Bodenchemische Erhebungen an BDF – anorganische Parameter –

BDL		Leitfähigkeit												Schwermetalle extrahierbar (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, +As)												Gesamtgehalte (V, Ti, Co, Sb, Na)		Reoxpotential		K-Fixierung		Tonminerale- bestimmung		Radionuklide (Sr90)	
ph, CaCl2	ph, KCl, H2O	C-organisch	C-gesamt	N-gesamt	Carbonat	KAK pot (Ca, Mg, K, Na, H;)	KAKeff:(Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H;)	Schwermetalle (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg) +As	Gesamtgehalte (Ca, Mg, K, P, S, Mn, Al, Fe)	Radionuklide (Cs137, Cs134)	Fe, oxalatlöslich.	Al, Mn, oxalatl.	Fe, dithionitl.	Al, Mn, dithionitl.	P u K, Landwirtschaftl.	Mg, Landwirtschaftl	NO3 + NH4 (Landwirtschaft)	B + Mo (Landwirtschaft)	Mn (Landwirtschaft)	Schwermetalle extrahierbar (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, +As)	Gesamtgehalte (V, Ti, Co, Sb, Na)	Reoxpotential	K-Fixierung	Tonminerale- bestimmung	Radionuklide (Sr90)										
BB	36	6	36	30	6	30	6	36	36 ³⁾	30	30	-	30	-	30	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-									
BE	3	3	-	3	3	3	3	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
BW**	96	66	68	160	-	92	4	160 ¹⁾	160 ⁰⁾	156	-	-	-	-	92	156	-	4	-	160	160 ¹²⁾	-	-	-	-	-									
BY*	186	25	186	133	186	133	53	186	186 ⁴⁾	192	-	53	53	53	133	133	-	133	133	186	186	186	133	-	-	186									
HH	3	-	3	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
HS	59	21	59	-	59	59	59	59	59 ⁵⁾	33	-	59	59	59	26	-	-	-	-	-	-	59 ¹³⁾	-	-	33	-									
MV	17	-	17	17	17	17	17	17	17	-	17	7	17	7	17	17	17	17	-	17	17	17	17	-	-	-									
NI	90	20	90	20	90	34	90	90	90 ⁶⁾	90	70	-	70	-	70	70	20	20	-	70	90	20 ¹⁴⁾	-	-	-	70									
NRW	20	20	20	-	20	20	20	20	20 ⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ¹⁵⁾	-	-	14	-									
RP	16	16	-	16	-	-	16	16	16 ⁴⁾	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	15	-									
SH	34	-	34	34	34	-	34	34 ²⁾	34 ⁶⁾	-	-	34	-	-	34	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-									
SL	11	-	11	11	11	11	-	11	11 ⁸⁾	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	11	11 ¹⁴⁾	-	-	-	-	-									
SN	38	6	38	-	38	32	6	38	32 ⁹⁾	-	-	-	-	-	32	32	21	-	32	32	-	-	-	-	6	-									
ST	40	21	40	40	40	40	-	40	-	-	-	-	-	-	21	21	-	21	21	-	-	-	-	-	-	-									
TH	19	-	19	-	19	19	2	19	16 ¹⁰⁾	-	16	-	-	-	17	17	17	17	12	12	16	11 ¹⁶⁾	-	11	-	-									
UBA	45	-	45	-	45	45	-	45	45 ¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	45	-	-	-	-	-									
Summe	668	204	668	319	732	526	493	313	520	503	136	264	119	229	119	483	476	105	170	268	562	484	17	144	68	256									
												(ohne Uba)																							

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische, * Daten noch nicht aktualisiert; ** BW in Zukunft nur noch 35 Basis-BDF

0) nur As, 1) Hg nur an 4 Intensiv-BDF, 2) 8 BDF mit Königswasseraufschluss; 3) Na, S, Al nur an 6 Level II – BDF, ohne As, 4) ohne S, 5) ohne Ca, Na, S, Al, Mn, ohne S, Al, 7) ohne Mn, 8) nur P u. Mn, 9) ohne Na u. S, 10) S, Al und Mn an allen BDF, Ca, Mg, K u. Na nur an Basis-BDF, 11) nur Ca un Mn, 12) nur Ti, Co nur an 4 Intensiv-BDF, 13) V und Sb, 14) nur Co, 15) nur Ti, 16) nur Ti u. Sb

3.9.3.2 Organische Parameter

Tabelle 11 zeigt die Erhebungsintensität bezüglich der organischen Parameter an den BDF. Die jeweilige Gesamtzahl der BDF kann allerdings geringer ausfallen, da verschiedene Bundesländer die organischen Parameter nur auf ausgewählten BDF untersuchen, diese aber nicht eindeutig benannt haben. Bei den Dioxinen planen Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen die Durchführung, haben sich aber noch nicht auf bestimmte Standorte festgelegt. Die Humusanalytik wird nicht in den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) genannt und wird als Sonderparameter mitaufgeführt.

Tabelle 11: Bodenchemische Erhebungen an BDF – organische Parameter -

BDL	Chlorpestizide (HCB, HCH, DDD, DDT, DDE)	PCB	PAK	Dioxine/Furane	Triazine (Atrazin, Simazin, Propazin, Terbutyl.)	Chlorpestizide (Dieldrin, Aldrin, Endrin)	Humusanalytik
BB	30	-	-	30	30 ⁴⁾	-	-
BE	-	-	-	-	-	-	-
BW**	156	160	160	1 ²⁾	-	-	-
BY*	186	186	186	186	186 ⁵⁾	-	133
HH	3	3	3	3	-	-	-
HS	59	59	59	59	59	59	-
MV	17	17	17	17	-	-	-
NI	90	90	90	X ³⁾	-	70 ¹⁾	-
NRW	-	20 ¹⁾	-	X ³⁾	-	-	-
RP	-	-	-	-	-	-	-
SH	34	34	34	34	34	34	-
SL	11	11	11	-	-	-	-
SN	-	-	-	-	-	-	-
ST	40	40	40	-	-	40	40
TH	12	12	-	-	12	12	-
UBA	-	-	-	-	-	-	-
Summe (ohne Uba)	638	632	600	330	321	215	173

Fett gedruckte Angaben = obligatorische Parameter, * Daten noch nicht aktualisiert; ** BW in Zukunft nur noch ca. 35 Basis-BDF; ¹⁾ an ausgewählten Standorten, ²⁾ nur einmalig und nicht an allen Basis-BDF, regelmäßig an 1 Intensiv-BDF; ³⁾ nur an Sonderstandorten, in NRW erst geplant ⁴⁾ ohne Terbutylazin, ⁵⁾ ohne Propazin

Parameter: An den BDF in Berlin, Rheinland-Pfalz und Sachsen werden überhaupt keine organischen Parameter untersucht. Ansonsten werden die obligatorischen organischen Parameter an den meisten BDF untersucht. Die Standorte mit Dioxinmessungen sind ebenfalls im Dioxin-Referenzmessprogramm (DRM) des Umweltbundesamtes erfasst.

Methode: Die angewandten Analysemethoden sind nicht einheitlich. Häufige Methoden sind für die Cl-Pestizide und PCB: VDLUFA-Methode, Aceton-/Wasser-Kaltextraktion DFG-Methode S19 oder E-DIN ISO 10382 (Sachsen-Anhalt). Bei den PAK wird neben der VDLUFA-Methode noch die E-DIN ISO 13877 und die EPA-Methode 610 genannt. Die Triazine werden überwiegend nach der Multimethode S19 der DFG analysiert.

Intervall: Die Intervalle der Wiederholungsbeprobung werden in den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) für die organischen Spurenstoffe i.d.R. mit > 5 Jahren bzw. ereignisbedingt angegeben. Die Angaben der BDL schwanken zwischen 3 Jahren (Baden-Württemberg, Intensiv-BDF) und 10 Jahren bzw. auch ereignisbedingt. Sachsen-Anhalt führt bei organischen Schadstoffen zunächst ein Screening durch, detektierte Parameter werden dann im Detail analysiert.

3.9.4 Eintrag-/Austragsmessungen

Für Stoffvorratsberechnungen und Bilanzbetrachtungen (Prozessdokumentation) sind Eintrag- und Austragsmessungen notwendig. Art und Umfang der Untersuchungen hängen entscheidend von dem zu untersuchenden Prozess ab. Im Folgenden sind die Einzeluntersuchungen nach den Untersuchungsbereichen gegliedert aufgeführt.

3.9.4.1 Klimamessungen

An 65 BDF (43 Forst, 21 Acker, 2 Grünland) werden regelmäßige Klimamessungen durchgeführt. Davon sind 22 Standorte als im Rahmen des Level II Programms betrieben dokumentiert. Die Anzahl der Standorte je Bundesland und Parameter sind der Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Erhebungsintensität Klimamessungen

BDL	Klimamessungen	davon Level II Standorte	Niederschlag	Interzeption	Globalstrahlung	Lufttemperatur	Rel. Luftfeuchte	Luftdruck	Wind (Geschwindigkeit, Böigkeit)
BB (F)	6	6	X	-	X	X	X	-	X
BE (F)	3	3	X	-	X	X	X	-	X
BW (F,G)	4	-	X	-	X	X	X	X	X
BY*	7 ²⁾	-	X	-	-	-	-	-	-
HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NI (A)	7	-	X	-	X	X	X	-	X
NI (F)	9	-	X	X	X	X	X	-	X
NRW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP (F)	16	7	X	X	X	X	X	-	X
SH	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN (A,G)	4	-	X	-	X	X	X	-	X
SN (F)	6	6	X	X	X	X	X	X	X
ST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TH (A)	3	-	X	-	-	-	-	-	-
UBA	9	-	X	-	X ¹⁾	X	X	X	X
Summe (ohne UBA)	65	22							

* Daten nicht aktualisiert, ¹⁾ nur am Standort Schauinsland; ²⁾ an sieben Erosionsmeßstellen

3.9.4.2 Deposition Luft

An insgesamt 244 Standorten werden Depositionsmessungen durchgeführt (166 Acker, 12 Grünland, 60 Forst und 9 Sondernutzungen). Die größte Anzahl stellt Bayern mit 133 Ackerstandorten, von denen bereits 10-jährige Meßreihen vorliegen. Es ist allerdings nicht bekannt, inwieweit noch alle Meßstellen aktuell betrieben werden. In den Bundesländern ohne eigene Depositions-Messungen an den BDF, werden für Bilanzbetrachtungen Meßdaten aus den länderspezifischen Depositionsmeßnetzen verwendet.

Tabelle 13: Erhebungsintensität Depositionsmessungen

BDL	Depositions- messungen (Anzahl)	Methodik	pH, Lf	Anionen (SO ₄ , PO ₄ , NO ₃ Cl)	Kationen (Ca, Mg, Na, K, NH ₄)	Schwermetalle (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	Fluorid	Halogenierte/chloriert e Kohlenwasserstoffe	Dioxine/Furane	Schwebstaub
BB (F)	6	1	X	X	X	-	-	-	-	-
BE (F)	3	1	X	X	X	-	-	-	-	-
BW (F,G)	4	1	X	X	X	X	-	-	-	-
BY* (A)	133	2	X	X	X	X	-	-	-	-
HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS (F,S)	4	1	X	X	X	X	-	-	-	-
MV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NI (A,G)	17	3	X	X	X	X	-	-	-	-
NI (F)	20	1+	X	-	X	X	-	-	-	-
NRW (F)	7	1	X	X	X	X	X	-	-	-
RP (F)	13	1+	X	X	X	X	X	-	-	-
SH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN (A)	4	1	-	-	X	X	-	-	-	-
SN (F)	6	1+	X	X	X	-	-	-	-	-
ST (A, G)	27	2	-	X	X	X	-	-	-	-
TH (A)	3	1	X	X	X	X	-	-	-	-
UBA	9	4	X	X ¹⁾	X	(X)***	-	(X)	-	X
Summe (ohne UBA)	247									

Methodik 1 = Bulk-Sammler, 1+ = Bulk-Sammler + Stammabfluss, 2 = Bergerhoff, 3 = „Osnabrück-Sammler“, 4 = verschiedene;

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische ; ¹⁾ ohne PO₄, Cl; * Daten nicht aktualisiert; ** (X) unterschiedlicher Parameterumfang an jeder Station

3.9.4.3 Stoffeintrag über Bewirtschaftungsmaßnahmen

Düngung und Pflanzenschutz bewirken neben den Depositionen aus der Luft auf land- und forstwirtschaftlichen genutzten Flächen den bedeutsamsten Stoffeintrag (ad-hoc AG BDF, 2000). Für 348 BDF wurde angegeben, daß der Input über die Dünge- und Pflanzenschutzmittel mittels Schlagkarteien bzw. „Aufnahmeblatt Wald“ aufgezeichnet wird (Tabelle 14). Darunter befinden sich 171 BDF (161 Acker, 10 Grünland) an denen die Düngemittel auch auf ihre Inhaltsstoffe analysiert werden. Pflanzenschutzmittel werden nicht analysiert. Über die Erfassung der Handelsbezeichnungen hinaus sind die Wirk- und Begleitstoffe jedes ausgebrachten Mittels (z.B. über die amtliche Zulassungsstelle der Biologischen Bundesanstalt) zu recherchieren und festzuhalten (ad-hoc AG BDF, 2000). Auf Grund der bisher vorliegenden Metadaten der Länder ist nicht ersichtlich an welchen Standorten dies praktiziert wird.

Tabelle 14: Erhebungsintensität Bewirtschaftungsmaßnahmen

BDL	Schlagkartei/ Aufnahmeblatt Wald	Düngemittel- analyse	Schwermetalle (Cd,Cr,Cu,Ni,Pb,Zn)	Gesamtgehalte (N, P,K,Ca,Mg,Na,Al, Fe, Mn, S, V, Ti,As)	Gesamtgehalte (Co, Mo, Se, B)	NH ₄ -N	Hg	Chlorierte Kohlen- wasserstoffe	Organische Spurenstoffe	Radioisotope (Cs134, Cs137, Sr90)
BB (A,G)	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BY* (A)	133	133	X	X ¹⁾	X	X	X	-	-	-
HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NI (A,G)	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SH (A,G,F)	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN (A)	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ST (A, G)	27	21	X	X ²⁾	-	-	-	-	-	-
ST (F)**	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TH (A)	17	17	X	X ³⁾	Mo,B	X	X	-	-	-
Summe	348	171								

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische ; * Daten nicht aktualisiert; ** Parameterumfang nicht bekannt; ¹⁾ ohne Fe, Al; ²⁾ nur Ca, Mg, Na; ³⁾ ohne V, Ti;

3.9.4.4 Bodenwasser

An insgesamt 70 BDF (51 Forst, 19 Landwirtschaft) wird das Bodensickerwasser untersucht (Tabelle 15). I.d.R. erfolgt die Gewinnung mittels Saugkerzen kontinuierlich mit einem 14-tägigen oder monatlichen Analysenintervall. In Hessen sind 5 Lysimeter in Betrieb. Angaben zur Bauart der Anlage, zum Kerzenmaterial oder Einbautiefen wurden nicht erhoben. Die Erhebung dieser Zusatzinformationen sollte bei der Fortschreibung der Metadaten berücksichtigt werden.

Tabelle 15: Erhebungsintensität Bodenwasser

BDL	Bodensickerwasser	pH-Wert	Leitfähigkeit	Anionen (Cl, SO ₄ , PO ₄ , NO ₃ , NO ₂ , SiO ₂)	Makroelemente (Ca, Mg, K, Na, Fe)	Spurenelemente (Al, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn, Hg)	NH ₄ -N +N	Corg.	Spurenelemente (Ba, B, Co, Mo, Se, Sr, Ti, U, V)	Anionen (Fl u. Carbonat)
BB (F)	6	X	X	X ¹⁾	X	X	X	X	-	-
BE	3	X	X	X ¹⁾	X	X	X	X	-	-
BW (F, G)	4	X	X	X ²⁾	X ³⁾	X ⁴⁾	X	X	Co	-
BY*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS (F, S)*	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NI (A)	7	X	X	X ¹⁾	X ³⁾	-	X	-	-	-
NI (F)	9	X	X	X ¹⁾	X ³⁾	?	X	X	-	-
NRW (F)	3	X	X	X ¹⁾	X ³⁾	X ⁵⁾	-	-	Co	-
RP (F)	16	X	X	X ¹⁾	X	X ⁶⁾	X	X	-	-
SH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN (A, G)	10	X	X	X ²⁾	X	X	X	X	-	-
ST (A, G)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TH (A)	5	X	X	X ²⁾	X	X	X	X	-	Carbonat
Summe	70									

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische ; * Daten nicht aktualisiert; ¹⁾ ohne NO₂ u. SiO₂; ²⁾ ohne SiO₂; ³⁾ ohne Fe; ⁴⁾ ohne Al; ⁵⁾ ohne Al u. Hg; ⁶⁾ ohne As, Cr, Ni, Hg

3.9.4.5 Wasser-/Winderosion

An 16 BDF werden Untersuchungen zur Bodenerosion gemacht:

- *Brandenburg*: 2 Acker-BDF (Bb005, Bb006)
- *Bayern*: 7 BDF (genaue BDF-Bezeichnung unbekannt) mit Erosionsmessungen
- *Hessen*: 2 BDF (005 u. 006; Weinbergstandorte)
- *Niedersachsen*: 4 Acker-BDF (Nds007Le, Nds055Le, Nds056Le u. Nds058Le)
- *Saarland*: 1 Acker-BDF (BDF9)

Darüber hinaus werden in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen Erosions-Parameter wie z.b. Hanglänge oder Aggregatstabilität erhoben, die für eine Einschätzung der Erosionsneigung herangezogen werden können.

3.9.4.6 Grundwasser

An 60 BDF Standorten sind Grundwassermessstellen vorhanden. Es handelt sich i.d.R. um Messstellen, die in Kooperation mit Grundwasserüberwachungsprogrammen eingerichtet wurden.

In Brandenburg sind 7 BDF (A,G), Baden-Württemberg 1 BDF (G), Bayern 8 BDF (G), Mecklenburg-Vorpommern 12 BDF (A, G) und Niedersachsen 32 BDF (A, G, F) mit einer GW-Messstelle ausgestattet.

3.9.4.7 Pflanzeninhaltsstoffe

An 321 BDF werden die Pflanzeninhaltsstoffe analysiert. An Forstflächen werden Nadel- und Blattproben, auf Acker- und Grünlandflächen Ernteprodukte beprobt bzw. Aufwuchsproben genommen.

Tabelle 16: Erhebungsintensität Pflanzeninhaltsstoffe

BDL	Pflanzen Inhaltsstoffe	Gesamtgehalte (P, S, Ca, Mg, K, Mn)	C ges.	N ges.	SM- Gesamtgehalte (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	Gesamtgehalte (Sr, Ti, V)	Cs137
BB (F)	6	X	-	X	X ¹⁾	-	-
BE (F)	3	X	-	X	X ¹⁾	-	-
BW (F, G)	4	X	X	X	X	-	-
BY* (A)	133	X	-	-	X ²⁾	TI	-
HH	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	-	-	-	-	-	-
MV (G)	5	X	X	X	X	X	X
NI (A, G)	64	X ⁴⁾	-	X	-	-	-
NI (F)	20	X	X	X	X ³⁾	-	-
NRW (F)	14	X ⁴⁾	X	X	X ⁵⁾	-	-
RP (F)	16	X	X	X	X ⁶⁾	-	-
SH	-	-	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-
SN (A, G)	3	-	-	-	X ⁷⁾	-	-
SN (F)	6	X	-	X	X ¹⁾	-	-
ST (F, A, G)	34	X	-	X	X	-	-
TH (A, G)	17	X	-	X	X	-	-
Summe	325						

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische ; * Daten nicht aktualisiert; ¹⁾ ohne As, Cr, Hg; ²⁾ ohne As, Cr;

³⁾ ohne Hg; ⁴⁾ ohne S, Mn; ⁵⁾ ohne Cr, Hg; ⁶⁾ ohne As, Cr, Ni, Hg; ⁷⁾ ohne Cu, Hg, Ni,

3.9.5 Bodenbiologie

Bodenbiologische Untersuchungen werden an insgesamt 546 BDF (66%) durchgeführt (Tabelle 17). Die häufigsten Erhebungsparameter sind Mikrobielle Biomasse, Mikrobielle Basalatmung, Metabolischer Quotient, Lumbriciden, Beta-Glucosidaseaktivität und Arginin-Ammonifikation. Weniger häufig werden Enchyträen, Zelluloseabbau, Arylsulfataseaktivität untersucht. Der Parameter N-Mineralisation wird an keiner BDF untersucht.

Die Erhebungsintervalle sind sehr unterschiedlich. Bei den kursiv gedruckten Angaben handelt es sich um einmalige Erhebungen, die i.d.R. im Rahmen der Erstbeprobung durchgeführt wurden und keine Fortsetzung erfahren. In Bayern erfolgten bisher 2 Untersuchungsreihen. Für die einzelnen Parameter werden unterschiedliche Intervalle angegeben: Mikrobielle Biomasse 3-4 Jahre, Lumbriciden 5 Jahre. Sachsen-Anhalt wählt ein 3-jähriges Intervall. In Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Hamburg sind die Intervalle nicht bekannt oder noch nicht festgelegt. Die jeweils angewandte Methodik entspricht bei den meisten Parametern den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000).

Tabelle 17: Bodenbiologische Erhebungen an BDF

BDL	Mikrobielle Biomasse	Mikrobielle Biomasse (Fum.)	Mikrobielle Basalatmung	Metabolischer Quotient	Lumbriciden	Kleinanneliden (z.B. Enchyträen)	N-Mineralisation	Zelluloseabbau	Arginin-Ammonifikation	Arylsulfataseaktivität	Beta-Glucosidaseaktivität	Collembolen	Nematoden	Gamasinen	Katalaseaktivität	Proteaseaktivität
BB	30	-	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
BW*	156	-	156	156	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BY***	133	-	133	133	133	-	-	-	133	-	133	133	133	-	133	133
HH	3	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MV**	1	1	1	-	17	17	-	-	-	-	1	17	17	-	-	-
NI	70	20	90	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRW	20	-	20	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RP	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-
SH	34	34	34	-	34	34	-	34	34	34	34	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN	3	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ST	40	-	40	40	40	-	-	-	40	-	40	-	-	-	40	40
TH	14	-	14	-	14	14	-	-	-	-	14	14	14	-	14	-
UBA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	506	56	521	452	449	90	-	34	207	34	222	169	166	-	187	173

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische Parameter

* bisher nur einmalige Erhebung, ** teilweise erst geplant, *** Daten nicht aktualisiert

3.9.6 Vegetation

An den meisten BDF (außer in Hessen, Saarland und Thüringen) werden Erhebungen zur Vegetation gemacht. Die Intensität der Untersuchungen beschränkt sich im wesentlichen auf die Erstellung der Artenliste und Erhebung des Deckungsgrades. Bei Forst-BDF wird meistens eine Baumkartierung durchgeführt, Zuwachsmessungen finden weniger häufig statt. Die Erhebung der Waldepiphyten wird in zwei Bundesländern (Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein) durchgeführt. Untersuchungen im Umfeld der BDF sowie die ergänzend empfohlenen Parameter (Samenpotential, Vitalität und Phänologie) sind bislang nicht Bestandteil der Untersuchungsprogramme.

Tabelle 18: Erhebungsintensität Vegetationsaufnahme

BDL	Vegetations- aufnahmen	Artenliste	Deckungsgrad	Schichtung	Wald: Baumkartierung	Wald: Zuwachsmessung	Wald epiphytische Moos-, Flechten- und Algenbeläge	Biotopausstattung des Umlandes	Artenliste Gefäßpflanzen des Umlandes	Samenpotential, landwirtschaftl. BDF	Vitalität	Phänologie
BB (F)	30	X ¹⁾	X ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BB (A,G)	6	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
BE (F)	3	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-
BW (F,G)	4	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
BY*	186	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
HH	3	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-
HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MV	17	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NI (F)	20	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
NI (A, G)	70	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRW	20	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
RP (F)	16	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
SH (A,G)	30	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
SH (F)	4	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SN (F)	6	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
ST (F)	13	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
ST (A, G)	27	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
TH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	454											

Fett gedruckte Angaben: bei Parameter = obligatorische ; * Daten nicht aktualisiert; ¹⁾ einmalig bei Einrichtung

Konkrete Angaben zum Untersuchungsintervall liegen für Niedersachsen vor: Forst 3-4 Jahre, landwirtschaftliche BDF 7-10. Brandenburg und Hamburg haben die Vegetationserhebung einmalig bei der Einrichtung durchgeführt.

3.9.7 Bodenluft

Bodenluftuntersuchungen werden an keiner BDF durchgeführt.

Anmerkung: Eine Ausnahme bildet eine Intensivmeßfläche des Umweltforschungszentrums Leipzig (UFZ) in Sachsen-Anhalt. Da diese allerdings nur vorläufig (für 3 Jahre) in das BDF-Programm in Sachsen-Anhalt einbezogen ist, wird sie nicht separat in der Datenbank geführt.

3.9.8 Zusammenfassung Erhebungsintensität

An keiner BDF werden alle in der Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) genannten obligatorischen Parameter erhoben. Von den ergänzend empfohlenen Parametern werden nur wenige regelmäßig an BDF untersucht.

Bei den Standardparametern (Korngrößen, Rohdichte, pH, C- und N-Gehalte, Schwermetalle) sind jedoch keine größeren Datenlücken vorhanden. Eine Merkmalsdokumentation der Böden und die Beurteilung des Bodenzustandes bezüglich dieser Parameter, ist für alle BDF möglich. Einzig die Verfügbarkeit von Daten außerhalb der Umweltressorts (s. a. Kap. 3.2 und 6.1) setzt dabei teilweise Grenzen für eine länderübergreifende Auswertung.

Tabelle 19: Erhebungsintensität – Zusammenfassung -

BDL	Bodenphysik	Bodenchemie Anorganische Parameter	Bodenchemie organische Parameter	Bodenbiologie	Klima	Depo-Luft	Eintrag Bewirt- schaftung	Bodenwasser	Pflanzeninhalts- stoffe	Grundwasser- messstelle
BB (A,G)	30	30	30	-	-	-	-	-	-	7
BB (F)	6	6	-	-	6	6	-	6	6	-
BE (F)	3	3	-	-	3	3	-	3	3	-
BW	156	156	156	156	4	4	-	4	4	-
BY* (A)	133	133	133	133	7	133	133	-	133	-
BY*	115	115	115	-	-	-	-	-	-	8
HH	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-
HS	59	59	59	-	-	4	-	7	-	-
MV (A, G)	17	17	17	17	-	-	-	-	5	12
NI (A,G)	70	70	70	70	7	17	64	7	64	25
NI (F)	20	20	20	20	9	20	-	9	20	7
NRW (F)	20	20	20	20	-	7	-	3	14	-
RP (F)	16	16	-	2	16	13	-	16	16	-
SH	34	34	34	34	-	-	-	-	-	-
SL	10	11	11	-	-	-	-	-	-	-
SN (A, G)	32	32	-	4	4	4	-	4	3	-
SN (F)	6	6	-	-	6	6	-	6	6	-
ST (F,A, G)	40	40	40	40	-	27	21	-	34	-
TH (A.G,F)	19	19	12	14	3	3	17	5	17	-
Summe	789	790	720	510	65	247	235	70	325	59

* Daten nicht aktualisiert

Wesentliche Ergebnisse der Prüfung des vorhandenen Datenpools sind:

- Die in den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) genannten obligatorischen Parameter werden an keiner der BDF voll erfüllt. D.h. nicht für alle obligatorischen Parameter kann bei der Auswertung des Bodenzustandes auf die Grundgesamtheit aller BDF zurückgegriffen werden. Eine grundlegende Merkmalsdokumentation ist jedoch länderübergreifend möglich.
- Die „ergänzend empfohlenen Parameter“ (z.B. pflanzenverfügbare Fraktionen der SM, Dioxine) sind oft nur für wenige BDF vorhanden
- Die Angaben zum Probenahmenverfahren sind nicht immer zuverlässig. So wurde in manchen Fragebögen horizontorientierte Beprobung angegeben, in der Praxis jedoch bei spezifischen Stoffen tiefenstufenbezogen beprobt.
- Die Beschreibung der Analysenverfahren ist unvollständig. Vergleichbare Methoden werden zudem unter verschiedenen Bezeichnungen geführt. Im Vorfeld von Auswertungen ist auf alle Fälle ein Abgleich der angewandten Methoden (z.B. durch Umrechnung) erforderlich.
- Hinsichtlich der Auswertung zur Prozessdokumentation (Ursache-Wirkungs- Untersuchungen) eignen sich solche Standorte, an denen auch Ein- und Austragsuntersuchungen durchgeführt werden. Im Idealfall werden hierzu am Standort direkt die Einträge über die Luft (incl. Klimamessungen) und Dünger (-inhaltsstoffe) sowie die Austräge über Bodenwasser und Pflanzenentzug erfasst. Diesen Idealbedingungen entsprechen 3 Acker-Standorte (Intensiv-BDF) in Thüringen, allerdings mit der Einschränkung, daß dort die organischen Schadstoffe und die Bodenbiologie nicht erhoben werden. In der Datenbank wurden die BDF entsprechend dem Umfang der Ein-/Austragsuntersuchungen in 9 Kategorien eingeteilt (Tabelle 20). Kategorie 1 repräsentiert dabei einen „optimalen“ BDF-Standort für die Prozessdokumentation, bei dem alle, für eine Bilanz- und Frachtenbetrachtung notwendigen Parameter am Standort selbst erhoben werden. An den BDF der Kategorie 10 werden keine Ein-/Austragsuntersuchungen vor-genommen. In Anlage K 3 findet sich eine entsprechend kartographische Darstellung.

Tabelle 20: Eintrags-/Austragsmessungen – Zusammenfassung – (ohne UBA-Standorte)

Kategorie	BDF-Anzahl	Depo-Luft	Depo-Dünger	Bodenwasser	Pflanzeninhaltsstoffe
1	3				
2	50				
3	5				
4	154				
5	28				
6	7				
7	8				
8	4				
9	82				
10	453	Keine Ein-/Austragsmessungen an der BDF			

4 Auswertekonzeption

4.1 Allgemeines

Ein wesentliches Vorhabensziel ist die Erarbeitung einer Auswertekonzeption für eine länderübergreifende und bundesweit harmonisierte Auswertung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland.

Grundsätzlich lassen sich zwei Auswertungsrichtungen unterscheiden (Tabelle 21).

Tabelle 21: Auswertung von BDF-Daten

MERKMALSDOKUMENTATION (BASIS-BDF)	PROZESSDOKUMENTATION (INTENSIV-BDF)
◆ Darstellung Standortskarakteristik • Nutzung • Gebietsstypen • Bodenausgangsgestein und Substrat ◆ Bodenzustand • Allgemeine bodenkundliche Parameter (pH-Wert, KAK) • Stoffgehalte: Nähr- und Schadstoffe (z.B. nach Nutzung, Boden-/bzw. Substrattyp, Gebietstypen) • Berechnung von Stoffvorräten flächenbezogen [g/ha] oder volumenbezogen [g/cm³] • Erfassung von Bodenveränderungen • Bodenphysik ◆ Bewertung • Bodenfunktionen (Filter/Puffer) • Nach Hintergrund-/Vorsorge-/Prüfwerten • Belastungsstufen • Bewertung von Bodenveränderungen	◆ Bilanzierung Vollständige Erfassung der Stoffflüsse aller Eintrags- und Austragspfade: - Stoffeinträge: Luft, Wirtschafts- u. Mineraldünger u. Pflanzenschutzmittel (ggf. Verwitterung) - Stoffausträge: Abfuhr mit Ernteprodukten, Auswaschung, Erosion und Abschwemmung Anmerkung: Ermittlung der Ein-/Austräge in situ, Literaturwerte oder Übernahme der Daten aus anderen Meßnetzen (UBA-Immissions-meßnetz) ◆ Ursachen-Wirkungsbeziehungen - Spezifische Untersuchungen zu Stoffveränderungen im Boden ◆ Prognose z.B. Szenarioversuche (Niedersachsen)

Zum einen handelt es sich um Auswertungen im Rahmen der Merkmalsdokumentation. Hier wird im wesentlichen der Bodenzustand dokumentiert und nach entsprechenden Klassifizierungen (z.B.

Hintergrund- und Prüfwerten) bewertet. Durch Wiederholungsbeprobungen können qualitative und quantitative Veränderungen des Bodenzustandes erfasst und hinsichtlich ihrer Größe bewertet werden.

Zum anderen gibt es die Prozessdokumentation, wobei über die vollständige Erfassung Eintrags-/Austragspfade eine Bilanzierung der Stoffflüsse eines Standortes angestrebt wird. Durch die zusätzliche Erfassung von Faktoren wie Klima und Vegetation soll auch eine Auswertung hinsichtlich von Ursachen-Wirkungsbeziehungen ermöglicht werden.

Für eine länderübergreifende Auswertung eignen sich prinzipiell nur die Daten aus der Merkmalsdokumentation (Bodenzustand). Daten, die im Rahmen der Prozessdokumentation erhoben werden, sind stark standortsspezifisch geprägt und nur unter Berücksichtigung der standörtlichen Besonderheiten und nach Prüfung einer hinreichenden Datenlage für eine bundesweite Auswertung heranzuziehen.

Im weiteren werden die Grundsätze erörtert, welche für eine länderübergreifende Auswertung erforderlich sind. Im Einzelnen werden dabei auch die Probleme diskutiert, die sich durch unterschiedliche Beprobungs- und Analysenmethoden ergeben und an Beispielen der Probeauswertung konkretisiert.

4.2 Datengrundlage

4.2.1 Repräsentanz der BDF

Die BDF-Meßnetze der Länder sind nicht als bundesweite systematische Stichprobenerhebung konzipiert. Aus diesem Grund ist an dieser Stelle anzumerken, daß mit den BDF-Daten in der bisher vorliegenden Form, zunächst nur eine punktbezogene Auswertung des Bodenzustandes an den BDF möglich ist. Dabei wird in jedem Fall auf die Grundgesamtheit aller BDF-Standorte zurückgegriffen

Sollen aus der Grundgesamtheit repräsentative Standorte zur Beantwortung spezifischer Fragen ausgewählt werden, so sind je nach Fragestellung unterschiedliche Repräsentanzkriterien erforderlich. Zwei Fragestellungen stehen bei der länderübergreifenden Auswertung im Vordergrund:

1. Reduktion der zu verarbeitenden Datensätze z.B. für den Zweck der Berichterstattung im Rahmen des Umweltmonitoring auf europäischer Ebene oder vereinfachter Aussage auf Bundesebene
2. Ableitung flächenrepräsentativer Aussagen im Sinne von „Punkt zur Fläche“

Zu 1.) Für diese Fragestellung ist eine Beschränkung auf repräsentative Standorte im Sinne der „Kieler Studie“ (s. a. Kapitel 2.3) notwendig. Wie bereits dort erwähnt, müßte diese Repräsentanzprüfung nochmals auf Grundlage aller BDF sowie unter Einbindung weiterer Kriterien (Datenschichten z.B. siedlungsstrukturelle Gebietstypen) durchgeführt werden.

Zu 2.) Es wird vorgeschlagen, für diese Fragestellung in Anlehnung an die Repräsentanzprüfung von Utermann et.al. (1999) vorzugehen und ggf. um die Datenschichten Gesamtdositionen (basischer Kationen, oxidierte und reduzierte Stickstoff- sowie Schwefelverbindungen) zu ergänzen.

Fazit: Auf Grund o.g. Ausführungen und Einschränkungen, wird sich die länderübergreifende Auswertung in einem ersten praktikablen Schritt auf die Darstellung von Punktdaten auf der Ebene der Merkmalsdokumentation (Bodenzustand) beschränken. Es soll dabei auf die Grundgesamtheit aller BDF zurückgegriffen werden , um eine möglichst große statistische Absicherung zu ermöglichen.

4.2.2 Parameter und Methoden

Je nach Auswertungsschwerpunkt sind an die Daten unterschiedliche Anforderungen zu stellen. Bezüglich der Boden-Dauerbeobachtungsflächen gewährleisten die Empfehlungen der LABO-ad-hoc-AG BDF (ad hoc AG, 2000) durch die Vorgabe von obligatorischen und fakultativen Untersuchungsparametern und Methoden eine ausreichende gemeinsame Datengrundlage.

Da Einrichtung und Betrieb der Bodenmeßnetze in den Bundesländern bereits vor Beginn der o.g. Harmonisierung begonnen hatte, sind auch heute noch länderspezifische Eigenheiten u.a. im Bereich der Analytik vorhanden. Aus diesem Grund ist es notwendig vor Beginn einer länderübergreifenden Auswertung sowohl die tatsächliche Verfügbarkeit als auch die Vergleichbarkeit der entsprechenden Daten zu prüfen. Im Falle des Parameters Cadmium ergibt z. B. sich folgendes Bild:

Tabelle 22: Erhebungsintensität Cadmium

BDL	BDF-gesamt	Cd-Analysen im Boden						Cd-Luft	Cd-Dünger	Cd-Pflanze	Cd-Boden-wasser
		RFA*	Druckaufschl. HF o. HNO ₃	Königswasser - Extraktion	NH ₄ NO ₃ - Extraktion	EDTA Extrakt	DTPA + CaCl ₂ lösl.				
BB (A,G)	30	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
BB (F)	6	-	6	-	-	-	-	6	-	6	6
BE	3	-	-	3	-	-	-	3	-	3	3
BW	160	-	-	160	160	-	-	4	-	4	4
BY**	248	-	-	186	186	-	-	133	133	133	-
HH	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
HS	59	-	-	59	-	-	-	4	-	-	7
MV***	17	17	-	-	?	?	?	-	-	5	-
NI	90	-	-	90	-	-	90	37	-	64	7
NRW	20	-	-	20	-	-	-	7	-	20	9
RP	16	-	-	16	-	16	-	13	-	14	3
SH	34	-	-	34	-	-	-	-	-	16	16
SL	11	-	-	11	11	-	-	-	-	-	-
SN	38	38	-	-	32	-	-	10	-	-	-
ST	40	-	-	40	-	-	-	27	21	3	10
TH	19	-	-	19	16	-	-	3	-	6	5
UBA	45	-	45	-	-	-	45	9	17	34	-
Summe ohne UBA	794		732			562		247	154	274	70
Prozent	100		92			70		31	20	35	9

Anmerkungen: - = Analyse nicht durchgeführt; *=Röntgenfluoreszenzanalyse, **=Daten noch nicht aktualisiert; ***= Analyse auf pflanzenverfügbare Gehalte durchgeführt, Methodik nicht bekannt.

Aus Tabelle 22 wird ersichtlich, daß an ca. 90% aller BDF Cadmiumgesamt- bzw. Totalgehalte im Boden analysiert wurden. Als Analysenmethoden wurde hierbei überwiegend die Königswasser-Extraktion angewandt. Bei ca. 70% der Standorte wurden auch Analysen zu pflanzenverfügbaren bzw. verlagerbaren SM-Anteilen durchgeführt. Bei den Bestimmungen der pflanzenverfügbaren Anteile kommt hauptsächlich die NH_4NO_3 -Extraktion zur Anwendung.

An diesem Beispiel wird deutlich, daß bei einer länderübergreifenden Auswertung für bestimmte Daten eine Umrechnung auf eine gemeinsame Bezugsgröße erfolgen muß. Für die Schwermetalle liegen bereits entsprechende Umrechnungsmethoden vor (UBA, 1999, Hornburg, et al.; 1995). Im Kapitel 4.2.5.1 wird die Vorgehensweise bei der Umrechnung Probedaten detailliert beschrieben.

Im zweiten Teil der Tabelle ist zusätzlich die Verfügbarkeit von Cadmium-Analysedaten im Zusammenhang mit Eintrags-/Austragsuntersuchungen ersichtlich.

4.2.3 Datenformate für länderübergreifende Auswertung und Basisdatensatz

Für die länderübergreifende Auswertung der BDF bzw. Übernahme neuer BDF-Daten in die UBA-Datenbank sind die in Tabelle 23 genannten Parameter als Mindestdatensatz anzusehen.

Tabelle 23: Mindestdatensatz für neue BDF-Standorte

Kenndaten	
Allgemeine Standortdaten	CODE_BDF (UBA-Datenbank)
	BDL_BDF_NR (bundeslandintern)
	Koordinaten (Gauss-Krüger)
	BDF-Typ
	Bodentyp (KA4)
	Zugehörige Legendeneinheit in der BÜK 1000, BÜK 200
	(Boden-) Ausgangsgestein (KA4)
	Zugehörige Legendeneinheit nach BAG 1000
	Substrat (KA4)
	Nutzung
	Belastung (-art mit Angaben zu anthropogenen Einflüssen)
	Morphologie (Relief, Exposition und Neigung)
	Einrichtungsjahr
	Standortrepräsentanz
	Bemerkungen (Besonderheiten)
Erhebungsintensität	Bodenphysik
	Bodenchemie, anorganisch
	Bodenchemie, organisch
	Bodenbiologie
	Klimamessung am Standort ?
	Depositionsmessung Luft am Standort ?
	Depositionsmessung Dünger am Standort ?
	Sickerwasseruntersuchung ?
	Pflanzenanalyse (Entzug Nähr-/Schadstoffe) ?
	Erosionsuntersuchungen ?
	Grundwassermeßstelle ?

Für eine Auswertung der Erhebungsparameter im Rahmen der Merkmalsdokumentation (Bodenzustand) sind die in Tabelle 24 aufgeführten Daten notwendig. Die bodenphysikalischen Parameter Rohdichte und Skelettanteil dienen dem Volumenbezug und sind deshalb immer zu erheben, bzw. bei der Datenübergabe immer mitzuführen.

Tabelle 24: Mindestdatensatz bei Auswertungen für den Bodenzustand

Kenndaten	
Allgemeine Daten	Probenkennzeichnung
	Probenahmedatum
	Horizontbezeichnung (KA4)
	Probenentnahmetiefen (Horizontmächtigkeit)
	Bodenart (KA4)
Analysedaten	Rohdichte, trocken
	Skelettanteil (>2mm, Vol. %)
	Korngrößen (S+U+T)
	Stoffgehalt

Darüber hinaus wurde im Projektbeirat vereinbart, daß zusammen mit den Metadaten ein Basisdatensatz beim Umweltbundesamt hinterlegt wird, der auch eine Auswahl „harter Daten“ enthalten soll, um bei zukünftigen Auswertungen, eine nochmalige Abfrage bei den Ländern zu vermeiden. Hierzu gehören z.B. bodenphysikalische Daten wie Rohdichte und Skelettgehalt oder pH-Wert. Der genaue Parameterumfang muß noch festgelegt werden. Hierzu soll eine Abstimmung zwischen UBA, dem BGR und der Länder erfolgen.

4.2.4 Beprobungsmethodik

Entsprechend den Empfehlungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden-Dauerbeobachtung der LABO (LABO-ad-hoc-AG BDF, 2000) sollen die BDF-Flächen horizontbezogen beprobt werden.

Die Praxis in den Bundesländern ist jedoch sehr unterschiedlich. Während Brandenburg generell nach Tiefenstufen beprobt, wird in Sachsen und Baden-Württemberg nach Horizonten beprobt. Niedersachsen beprobt beim Acker immer den gesamten Ap-Horizont, beim Grünland dagegen tiefenbezogen. Eine Harmonisierung bei der Auswertung ist deshalb unbedingt notwendig (Kap. 4.3.2 u. 4.3.3). Sinnvollerweise erfolgt die Umrechnung bei den Bundesländern auf „gemeinsame Nenner“ vor der Datenübermittlung.

4.2.5 Analysedaten

Als weitere Voraussetzung für die länderübergreifende Auswertung müssen die zur Verfügung gestellten Analysedaten eines Standortes bereits aufbereitet vorliegen (incl. Verrechnung von Mischproben). D. h. für einen Standort ist nur ein eindeutiger Analysenwert des entsprechenden Parameters zu liefern. Auf evtl. durchgeführte Analysen an Parallelen und berechneter Standardabweichungen kann auf dieser Auswertungsstufe nicht eingegangen werden.

4.2.5.1 Umrechnung SM-Totalgehalte auf KW-extrahierbare SM-Gehalte

In den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) wird für die Bestimmung der Schwermetall-Gesamtgehalte der Königswasser-aufschluß (KW) empfohlen (s.a. Kap. 3.9.3.1). Die Bundesländer Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern haben die SM-Gehalte mittels RFA-Analyse (Totalaufschluß) bzw HF-Druckaufschluß bestimmt. Im Falle der hier verwendeten Daten aus Sachsen war eine Umrechnung der Cadmium-Werte in KW-extrahierbare Gehalte notwendig. Dies erfolgte entsprechend den Angaben aus der Arbeit „Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden“ (UBA 1999).

In o.g. Arbeit werden Regressionsgleichungen zur Umrechnung von Total- in KW-Gehalte (und umgekehrt) abgeleitet. Es wird u.a. empfohlen die Umrechnungen mit nach Substraten (Bodenausgangsgesteinen) differenzierten Regressionsfunktionen durchzuführen. Für die Gruppe AUE (Auensedimente) und Cadmium gibt es allerdings keine Funktion. Aus diesem Grund wurde zwecks Vereinfachung der Umrechnung in der vorliegenden Arbeit die substratübergreifende Regressionsgleichung angewandt. Die Ergebnisse der Umrechnung sind in Anhang 5 beigelegt. Die errechneten „KW-extrahierbaren Gehalte“ sind erwartungsgemäß niedriger als die Totalgehalte und erreichen im Mittel ca. 60% der Totalgehalte.

Problem: Die o.g. Regressionsgleichungen haben einen eingeschränkten Gültigkeitsbereich. So werden z.B. bei Totalgehalten > 2mg/kg Cd KW-Gehalte errechnet, welche die Totalgehalte deutlich überschreiten. In der vorliegenden Arbeit wurden Totalgehalte von >2mg/kg mit KW-Gehalten gleichgesetzt. Es wird dabei davon ausgegangen, daß hohe und sehr hohe Cd-Gehalte auf anthropogene Belastungen zurückzuführen sind. Bisherige

Erfahrungen haben gezeigt, daß in diesen Fällen die unterschiedlichen Extraktionsmethoden zu ähnlichen Analysen-Ergebnissen führen. Eine abschließende Bearbeitung dieses Problems steht noch aus. Ggf. erlauben zukünftige Erkenntnisse eine genauere Umrechnung. Außer in Sachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern sowie im UBA-Depositionsmeßnetz werden allerdings die SM-Gehalte in der KW-Extraktion gemessen.

4.2.5.2 Behandlung von Gehalten < Bestimmungsgrenze

Für die Berechnung von Stoffvorräten ist der einheitliche Umgang mit Analysenwerten <Bestimmungsgrenze (<BG) notwendig. Es werden zur Zeit unterschiedliche Vorgehensweisen angewandt. Für Werte <BG wird entweder die halbe BG oder der Zahlenwert 0,0 eingesetzt, oder die Datensätze werden sogar ganz eliminiert. Ein unterschiedlicher Gebrauch führt nach kurzer Zeit zu einer unauflöslchen Vermischung realer und fiktiver Werte (s.a. Bayerisches Geologisches Landesamt, 1994a), zumal die Bestimmungsgrenzen auch unterschiedlich sein können. In der o.g. Veröffentlichung wird empfohlen, für sämtliche Auswertungen bei nicht nachweisbaren Stoffen den Zahlenwert 0 einzusetzen. Bei den vorliegenden Datensätzen von Baden-Württemberg zeigt es sich allerdings, daß selbst bei Proben deren Gesamtgehalte (Königswasser) < BG sind, dennoch bei tiefen pH-Werten NH_4NO_3 -extrahierbare Cadmium-Gehalte bestimmt wurden, welche teilweise sogar in einem für Pflanzen kritischen Bereich liegen. Für die weiteren Berechnungen wird trotzdem für Werte < BG der Wert 0 eingesetzt, mit dem Hinweis darauf, daß es sich nicht um eine absolute Schadstofffreiheit handelt.

Für die Übermittlung der Daten von den Bundesländern an das UBA ergibt sich die Notwendigkeit, Analysenwerte < BG auch eindeutig zu kennzeichnen.

4.2.6 Probenahmezeitraum

Hinsichtlich einer Auswertung für spätere Trendaussagen muß auch der Probenahmezeitraum bekannt sein. Die hier dargestellten Werte repräsentieren einen Ist-Zustand zu dem Datum der jeweiligen Erstbeprobung, welche in der Regel bei der Einrichtung der BDF durchgeführt wurde. Der Aufbau eines Bodenmeßnetzes zieht sich i.d.R. über mehrere Jahre hin, so daß die Erstbeprobungen der einzelnen Bundesländer unter dem zeitlichen Aspekt nicht unbedingt miteinander vergleichbar sind. Da sich Veränderungen in der Schadstoffsituation im Boden – bezüglich diffusem Eintrag und persistenten Stoffen – sich in relativ langen Zeiträumen abspielen, sind Differenzen von wenigen Jahren nicht relevant. Werden jedoch nicht persistente Schadstoffe betrachtet, die einem Ereignis zugeordnet werden können (z.B. Tschernobyl) und wie bei radioaktiven Stoffen einer natürlichen Zerfallsreihe unterliegen, wäre eine zeitlich koordinierte Probennahme unbedingt erforderlich.

Im vorliegenden Fall dokumentieren die Ergebnisse den Ist-Zustand der BDF folgende Jahre:

- Baden-Württemberg 1986
- Brandenburg 1990-1995
- Niedersachsen 1991-1998
- Sachsen 1993-1999

Für eine länderübergreifende Auswertung ist es wünschenswert, die Beprobungszeiträume zukünftig bundesweit zu koordinieren. Ein koordiniertes Vorgehen bei den ausstehenden Zweit- oder auch Drittbeprobungen sollte angestrebt werden, um zukünftig den Vergleich von weitestgehend identischen Beprobungszeiträumen (in Anlehnung an BZE bzw. Level II) zu ermöglichen. Bei einigen Bundesländern ist die Festlegung des Beprobungsturnus noch in Diskussion, so daß hier sicherlich Möglichkeiten zur Harmonisierung bestehen.

4.2.7 Behandlung von belasteten Standorten

Standorte, die als belastet – im Sinne einer eindeutigen anthropogenen Einwirkung – gelten, sind i.d.R. für die entsprechende (Boden-) Einheit nicht repräsentativ. Sie sollten deshalb gesondert betrachtet und deshalb nicht zur Ableitung flächenrepräsentativer Aussagen herangezogen werden. Bei der ungefilterten Darstellung werden sie mit einbezogen, und dienen der Darstellung von Belastungsschwerpunkten.

Standorte hingegen, die „nur“ auf Grund ihrer „depositionsträchtigen“ Lage als belastet eingestuft wurden, können in der Auswertung berücksichtigt werden.

4.3 Auswertungen zum Bodenzustand

Ziel einer Bodenzustandserfassung ist es, eine Aussage über den Bodenzustand der Bundesrepublik zu erhalten. Im vorliegenden Fall wird, wie in Kapitel 4.2.1 eingeführt, mit dem Datenpool aller BDF gearbeitet.

Zur Charakterisierung des Bodenzustandes können spezifische bodenphysikalische und –chemische Kennwerte herangezogen werden. Es soll damit der Zustand (physikalischer Zustand, Stoffgehalt, -vorrat) zu einem bestimmten Zeitpunkt beschrieben werden. Durch Wiederholungsbeprobungen (Zeitreihen) können quantitative und qualitative Veränderungen erfaßt werden. Diese Erhebungen bilden die Grundlage für die weitergehenden differenzierte Auswertungen auf der Ebene der Prozessdokumentation (Ursachen-Wirkungsbeziehungen und Bilanzen).

Zu den allgemeinen, beschreibenden Bodenkennwerten gehören (in Anlehnung an die Bodenzustandserhebung Wald, 1997):

- **Bodenphysik:** Rohdichte bzw. Lagerungsdichte, Aggregatstabilität, Porengrößenverteilung
- **Bodenchemie:** Bodenreaktion (pH-Wert), Humusstatus (C- u. N-Vorrat), Kationenaustauschverhältnisse (Basensättigung), Elementvorräte (Nähr- und Schadstoffe)
- **Bodenbiologie:** Mikrobielle Biomasse, Mikrobielle Basalatmung, Metabolischer Quotient

Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt, zur Bodenluft sowie spezifische bodenbiologische Erhebungen eignen sich nicht für die Beschreibung des Bodenzustandes. Sie dienen der Erfassung spezifischer Zusammenhänge im Rahmen der Prozessdokumentation.

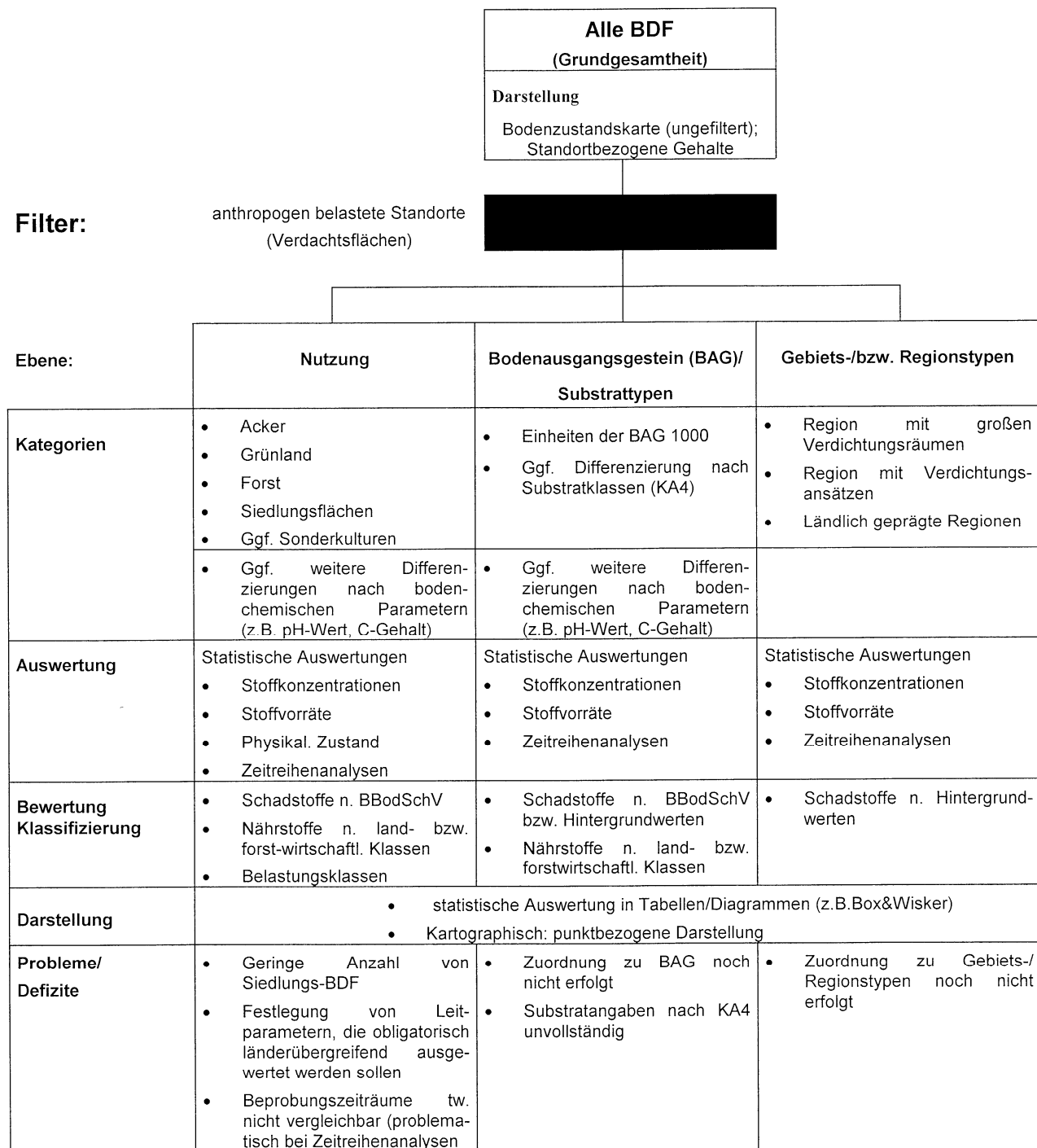
4.3.1 Auswertungsebenen

Liegen die Daten der BDF in der unter Kapitel 4.2 definierten Weise vor, können sie in einem ersten Auswertungsschritt ungefiltert und undifferenziert dargestellt werden.

Nach einer „Filterung“ der anthropogen belasteten Standorte (Verdachtsflächen) können die Daten auf drei Auswertungsebenen (Nutzung, Bodenausgangsgestein/ Substrattyp und Gebiets-/regionstypen)

weiter differenziert ausgewertet werden. Jede Auswertungsebene enthält dabei unterschiedliche Kategorien (Tabelle 25).

Tabelle 25: Auswertungsebenen der Merkmalsdokumentation



Eine getrennte Auswertung auf der Ebene von Bodentypen ist nicht sinnvoll, da Stoffgehalte nicht primär mit Bodentypen korrelieren. Bestimmende Faktoren sind bei anorganischen Stoffen (z.B. Schwermetallen) vielmehr die Bodenausgangsgesteine. Einzig für die

Klasse der Moore sollten bei der Auswertung hinsichtlich der Stoffkonzentrationen (mg/kg) separat erfaßt werden, da sie auf Grund ihrer bodenphysikalischen und –chemischen Eigenschaften (geringe Dichte, sehr hoher Gehalt an organischer Substanz) stark von den mineralischen Böden unterscheiden. Bei einer unkritischen Übernahme von Stoffgehalten in mg/kg täuschen sie wesentlich höhere Stoffgehalte vor. Diese Gehalte relativieren sich erst bei den volumenbezogenen Stoffvorräten.

Je nach Auswertungsbereich (Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenbiologie) und Parameter (anorganische, organische) sind unterschiedliche bzw. auch mehrere Auswertungsebenen heranzuziehen. Im Beispiel der Probeauswertung sind für den Parameter Cadmium neben der Ebene Bodenausgangsgestein auch die Flächennutzung und die Gebietstypen relevante Schichtungskriterien. Bei organischen Schadstoffen dagegen sind die Kriterien Nutzung und Gebietstypen zu berücksichtigen.

4.3.2 Auswertung zur Stoffkonzentration

Die Angaben zum stofflichen Zustand der Böden beinhalten i.d.R. nur Stoffkonzentrationen in [mg/kg] Feinboden bezogen auf Horizonte oder Tiefenstufen. Sie enthalten i.d.R. keinen Bezug zu Horizontmächtigkeiten oder zur Dichte des Bodens.

Da die Horizonte je nach Nutzung und Bodentyp unterschiedliche Mächtigkeiten aufweisen, und zudem die Beprobungspraxis in den Bundesländern unterschiedlich ist (Kap. 4.2.4), besteht für eine länderübergreifende Auswertung die Notwendigkeit der Harmonisierung.

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Auswertung des mineralischen Oberbodens. Dabei wird der Argumentation von Utermann et. al. (UBA, 1999) gefolgt:

Oberböden sind alle vollständig erfaßten A-Horizonte oberhalb einer, in Abhängigkeit der Nutzung definierten Tiefenstufe (Grünland 10cm, Wald 10cm, Acker immer Ap (!)). Der Begriff Oberboden wird folglich durch eine Kombination aus Horizont und Tiefenstufe beschränkt. In den Fällen, in denen der erste A-Horizont eine Mächtigkeit >10cm aufweist, wird er in seiner gesamten Tiefe berücksichtigt. Liegen mehrere A-Horizonte oberhalb 10 cm, sind gewichtete Mittel der Elementgehalte notwendig.

Diese Vorgehensweise hat gegenüber reinen tiefenbezogenen Abgrenzungen den Vorteil, daß bodenspezifische Prozesse wie zum Beispiel die Anreicherung von Schadstoffen im humosen Oberboden berücksichtigt werden. Ferner ermöglicht sie auch einen Vergleich mit den in der o.g. Studie ermittelten Hintergrundgehalten bei Schwermetallen. Aus diesen Gründen eignet sie sich für eine einheitliche

länderübergreifende Aus- und Bewertung der Analysenergebnisse. Mineralischer Unterboden würde demnach alle darunter folgenden Horizonte umfassen. Für Auswertungen im Unterboden müßten weitere Kriterien ähnlich dem Oberboden erarbeitet werden.

4.3.3 Berechnung von Stoffvorräten

Da die Stoffkonzentrationen keinen Aufschluß auf die Stoffmengen in einem Boden erlauben, sollten auch die Stoffvorräte berechnet werden. Nur durch Stoffvorratsberechnungen können Stoffein- und Austragsbilanzierungen sowie Aussagen zum zeitlichen und räumlichen Verbleib der Gesamtvorräte von BDF gemacht werden. In den Empfehlungen der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000) werden in Kapitel 10 Hinweise zur Auswertung der Stoffgehalte gemacht.

Bei der Berechnung von Stoffvorräten werden zwei Varianten unterschieden:

- volumenbezogen (Menge [mg/dm^3] pro Volumen) oder
- flächenbezogen (Menge [g/ha] pro Fläche und definierter Tiefenstufe)

Für eine reine volumenbezogene Auswertung wird allein die Rohdichte (trocken) der entsprechenden Horizonte benötigt. Die Ergebnisse ermöglichen einen ersten Vergleich von Stoffmengen unabhängig von Horizontmächtigkeiten.

Bei einer flächenbezogenen Auswertung ist die Angabe einer räumlichen Bezugsgröße erforderlich, z.B. Gramm pro Hektar Boden bis 30cm Tiefe unter Geländeoberfläche (GOF). Da die Beprobung i.d.R. horizontbezogen erfolgt, können die Elementvorräte an einem Standort zwar genau berechnet werden, ein Vergleich mit anderen Standorten ist jedoch schwierig, da die Horizontmächtigkeiten, selbst bei gleichem Bodentyp und Nutzung, unterschiedlich ausfallen. Hier wird vorgeschlagen, für die länderübergreifende Auswertung, die gleiche Herangehensweise (Kombination aus Horizontmächtigkeit und Tiefenstufen) wie bei den Stoffkonzentrationen zu wählen (Kap. 4.3.2).

In der vorliegenden Arbeit werden die Stoffvorräte in g/dm^3 und in g/ha Boden angegeben. Die Angabe g/dm^3 ist ein reiner Volumenbezug, der über die Rohdichte (korrigiert um den Skelettanteil) hergestellt wird.

Bei der Berechnung pro Horizont und Tiefenstufe und Fläche wird auf die Formel aus den Vorgaben der LABO-ad hoc AG BDF (ad hoc AG, 2000), erweitert um den Skelettfaktor (SKF), zurückgegriffen:

$$\text{STV}^{1)} [\text{g/ha}] = \text{STK}^{2)} [\text{mg/kg}] \times \rho^{3)} [\text{g/cm}^3] \times M^{4)} [\text{cm}] \times 100 \times \text{SKF}^{5)}$$

1) Stoffvorrat eines Horizontes (Tiefenstufe), 2) Stoffkonzentration Boden, 3) Rohdichte ρ trocken,

4) Mächtigkeit des Horizontes (der Schicht), 5) Skelettfaktor: $(100 - \text{Gew.}\% \text{ Steine})/100$

4.4 Prozessdokumentation

Wie bereits erwähnt, dienen die Auswertungen auf der Seite der Prozessdokumentation der Erfassung der Ursachen-Wirkungsbeziehungen. Sie erfordern einen wesentlich höheren Untersuchungsumfang und werden aus diesem Grund an Intensiv-BDF durchgeführt. In der Regel liegen bundeslandspezifische Herangehensweisen bzw. Fragestellungen vor. Von den 70 BDF-Standorten (mit Erfassung des Bodenwassers), welche potentiell für Bilanzbetrachtungen in Frage kommen, sind 51 Forststandorte. Darüber hinaus sind sie sehr ungleichmäßig auf die Bundesländer verteilt. Nicht nur unter dem Aspekt, den Schwerpunkt des bundesweiten Monitorings auf „Nicht-Wald-Flächen“ zu legen, besteht hier eindeutig ein Defizit an Intensiv-BDF.

Um prozessorientierte Aussagen auf Bundesebene in Zukunft zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, daß eine länderübergreifende Abstimmung über die Einrichtung weiterer Intensiv-BDF und deren Untersuchungs-schwerpunkte im Sinne einer Arbeitsteilung (vergleichbar mit der Vorgehensweise im Level II – Programm) erfolgt. Hier wären auch Untersuchungen zu Critical Loads (Stickstoff, Schwefel) und Säure-Base-Zustand sowie zu Schwermetallen zu nennen.

In diesem Zusammenhang wird neben der weiterhin zu verfolgenden Angleichung von Analysemethoden u.a. auch eine Abstimmung über die Anwendung erprobter Modelle (z. B. Bodenwasserhaushalt → Sickerwasserrate → Auswaschung/Austrag) notwendig.

5 Probeauswertung: Cadmium in Oberböden

Im Projektbeirat wurde entschieden, zunächst eine Auswertung des Bodenzustandes an Beispieldatensätzen interessierter Bundesländer durchzuführen. Als Leitelement wurde das Schwermetall Cadmium ausgewählt. Die Auswertung beschränkt sich auf die mineralischen Oberbodenhorizonte, die bei der flächenhaften Beprobung erfaßt wurden. Für tiefere Horizonte wird keine Auswertung vorgenommen, da in der Mehrzahl der vorliegenden Daten nur der oberste Horizont auf Cadmium analysiert wurde. Zudem sind für eine länderübergreifende Auswertung im Sinne eines Monitorings vor allem die Zustände im Oberboden von Interesse sein, da sich hier Veränderungen am deutlichsten auswirken und nachweisen lassen. Langfristig sind auch die tieferen Schichten von Interesse, um Aussagen zur Fortschreitung der Bodenversauerung und ggf. Verlagerung von Stoffen treffen zu können.

Als Auswertungsebene werden die Hauptnutzungen der BDF herangezogen. Auf die Auswertung der Waldstandorte wurde dabei auf Grund der geringen Datenmenge und teilweise unvollständigen Daten allerdings verzichtet. Eine Auswertung auf der Ebene der Bodenausgangsgesteine/Substratklassen und der Gebiets-/regionstypen erfolgt nicht, da für die Mehrzahl der erfaßten BDF bisher noch keine oder nur ungenügende Zuordnungen vorliegen. Bei verbesserter Datengrundlage sollte diese Auswertung nachgeholt werden. Gerade bei Schwermetallen ist nur so ein Vergleich mit den Hintergrundwerten nach Utermann et al. (UBA, 1999) möglich.

In einem ersten Schritt wird eine Auswertung hinsichtlich der Stoffkonzentrationen (mg/kg) nach Nutzungen differenziert vorgenommen (s.a. Kap. 4). Ergänzt wird die Auswertung mit den Angaben zu den NH_4NO_3 -extrahierbaren (pflanzenverfügbaren) Cd-Gehalten (soweit vorhanden). Eine detaillierte Auswertung der mobilen Gehalte (NH_4NO_3 -Extraktion) wird nicht vorgenommen, da die Prozesse im Boden, die zur Mobilisierung der Schadstoffe führen, sehr vielfältig sind und die standardisierte Bestimmung der mobilen Fraktion schwierig ist. Die Zusammenhänge von Gesamtgehalten und mobilen Fraktionen wurden bereits ausführlich in der Literatur beschrieben (z.B. Prueß 1992, Bachmann et al., 1997, Hornburg et al., 1995).

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Auswertung der Stoffvorräte (volumen- und flächenbezogen, s.a. Kap. 4.3.3).

5.1 Stichprobenumfang

Von 5 Bundesländern (Baden-Württemberg, Brandenburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen) wurden Analysedaten für eine Probeauswertung zur Verfügung gestellt. Eine statistische Auswertung konnte nur für Acker- und Grünlandstandorte erfolgen, da hier ausreichend große Datenkollektive vorhanden sind. Forststandorte und Sondernutzungen (Park, Sonderkulturen) werden auf Grund der geringen und teilweise unvollständigen Datenkollektive nicht betrachtet. Die Datensätze von NRW beschränken sich auf Waldstandorte und konnten daher zum jetzigen Zeitpunkt nicht berücksichtigt werden, so daß schließlich 157 BDF für die Probeauswertung übrig blieben (Tabelle in Anhang 4 und Karte K5). Tabelle 26 zeigt die abgefragten Parameterinformationen.

Tabelle 26: Kenndaten für Probeauswertung

Kenndaten	
Allgemeine Standortdaten	CODE_BDF (UBA-Datenbank)
	BDL_BDF_NR (bundeslandintern)
	Koordinaten (Gauss-Krüger)
	Bodentyp (KA4)
	(Boden-)Ausgangsgestein (KA4)
	Substrat (KA4)
	Nutzung
Profil- daten	Belastung
	Probenkennzeichnung
	Horizontbezeichnung (KA4)
	Probenentnahmetiefen (Horizontmächtigkeit)
Analysen- -ergebnisse	Bodenart (KA4)
	Probenahmedatum
	Rohdichte, trocken
	Skelettanteil (>2mm, Vol. %)
	Korngrößen (S+U+T)
	pH-Wert
	Cd-gesamt (KW oder Totalaufschl.)
	Cd-pflanzenverfügbar (NH ₄ NO ₃)

Datenbestand der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU, BW)

Von der LfU BW wurden Daten von insgesamt 35 Basis-BDF (13xAcker, 4xGrünland, 18xForst) zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um eine Auswahl der bisherigen Basis-Standorte, die in das zukünftige BDF-Meßprogramm aufgenommen werden sollen. Für einige Horizonte wird der Cadmium-Gehalt einheitlich mit 0,1mg/kg Gesamtgehalt bzw. 1 µg/kg mobiler Gehalt (NH₄NO₃-Extraktion) angegeben. Nach Auskunft der LfU handelt es sich dabei um Messungen < Bestimmungsgrenze. Die LfU selbst setzt bei weiterführenden Berechnungen für diese Werte 0,5mg/kg bzw. 0,5µg/kg (halbe Bestimmungsgrenze) an. Für die Berechnungen in der vorliegenden Arbeit wird der Wert 0 angenommen (s.a. Kap. 4.2.5.2).

- Datenbestand des Landesumweltamtes Brandenburg

Das Landesumweltamt Brandenburg hat Daten von insgesamt 30 Basis-BDF (Acker und Grünland) zur Verfügung gestellt. Bei der flächenhaften Beprobung werden je Standort und Tiefenstufe 4 Mischproben (A,B,C,D) entnommen und analysiert. Für die weitere Auswertung wird der Mittelwert aus den 4 Konzentrationen herangezogen. Die vertikale Beprobung erfolgt bei der flächenhaften Probennahme nach Tiefenstufen (0-25cm, 25-35cm, 35-60cm, 60-70cm, 70-95cm), an den Schürfgruben wird horizontbezogen beprobt. Eine Zuordnung zu Horizonten ist dadurch bei den Ergebnissen der flächenhaften Beprobung nicht möglich. Bei Ackerstandorten entspricht die erste Tiefenstufe in etwa dem Ap-Horizont, so daß die Auswertungen für die Nutzung Acker mit den anderen Bundesländern vergleichbar ist. Bei den Grünlandstandorten beinhaltet die erste Tiefenstufe naturgemäß mehr als nur den Ah-Horizont. Für die volumenbezogenen Auswertungen wird deshalb bei den Grünlandstandorten der Oberboden generell mit 10cm Mächtigkeit angenommen (s.a. Kap. 4.2.4). Die Schadstoffgehalte des Ah-Horizontes sind demnach durch die geringeren Gehalte des tieferen Horizontes „verdünnt“. Bei den Standorten BB005 und BB006 lagen Meßreihen zweier Beprobungskampagnen vor (1992 und 1994). In die Auswertung wurden nur die Daten der ersten Beprobung einbezogen.

Die Bodenphysikdaten wurden bei der flächenhaften Beprobung teils an mehreren Parallelen bestimmt; bei vorliegender Auswertung werden die jeweiligen Mittelwerte berücksichtigt. Für die Standorte BB019, BB022 und BB023 liegen keine Rohdichten für den 1. Horizont vor.

- Datenbestand des Niedersächsischen Landesamts für Bodenforschung

Vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung wurden Daten von 60 Basis-BDF (Acker, Grünland, Brache und Sonderkulturen) zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der flächenhaften Beprobung werden die einzelne Kernflächen (i.d.R. 4; K1-K4) durch Mischproben getrennt beprobt und analysiert. Beim Element Cadmium wurden für die Ackerstandorte Daten der Ap-Horizonte geliefert (für tiefere Schichten liegen allerdings auch Analysenwerte vor). Beim Grünland wurde nach Tiefenstufen (0-10 und 10-20cm) beprobt, Moorböden generell 0-15cm. Analysenwerte < Bestimmungsgrenze werden als 0 angegeben und so auch bei weiteren Berechnungen (Stoffvorräte) behandelt. Für die Testauswertung wurde, analog dem bundeslandinternen Vorgehen, aus den Einzelkonzentrationen der Kernflächen ein Mittelwert gebildet. Dies erfolgte für die Rohdichte in gleicher Weise. Die Zuordnung erwies sich vor allem bei Grünlandstandorten als schwierig, da die Schadstoffbeprobung im Gegensatz zur Bodenphysik nicht horizontbezogen vorgenommen wurde. Angaben zur Bodenart bzw. Korngrößenverteilung wurden nicht übermittelt.

- Datenbestand des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie (LfUG)

Es wurden Daten der 32 Standorte des LfUG zur Verfügung gestellt (von den 6 Level II Standorten liegen keine Daten vor). Die Gesamtgehalte liegen als Totalgehalte (RFA) vor und wurden entsprechend der Regressionsgleichungen (UBA, 1999) in KW-Gehalte umgerechnet (s. a. Kap. 4.2.5.1). Der als belastet eingestufte Intensivstandort (SS025, Vega-Auengley) hat hohe Cadmium-Gehalte (11 - 14mg/kg, Totalgehalt RFA) und wird bei den Auswertungen gesondert behandelt (s.a. Kap. 4.2.7).

- Datenbestand des Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Von NRW wurden die Daten von 14 forstlich genutzten BDF übermittelt. Es handelt sich dabei um BDF-Standorte zur Kontrolle der Versauerung, Schadstoffmobilisierung, und – akkumulation. Da die vorliegende Auswertung sich (aus Gründen der aktuellen Datenverfügbarkeit) auf Acker- und Grünlandflächen beschränkt, konnten diese Daten bei dieser Pobeauswertung noch nicht berücksichtigt werden.

Von den ausgewählten BDF-Standorten sind 14 (9%) als belastet ausgewiesen (s.a. Tabelle 4). Bei den statistischen Auswertungen werden jene Standorte ausgeklammert, die eine eindeutige Belastung an Schadstoffen aufweisen.

Brandenburg: 2 BDF als Güllehochlastflächen ausgewiesen

Niedersachsen: insgesamt 9 BDF:

3 BDF (NI) erhöhte Wind-/Erosion

2 BDF mit Klärschlammausbringung

2 BDF mit SM-belasteten Flußsedimenten

2 BDF Belastungsart nicht bekannt

Sachsen: insgesamt 3 BDF als belastet eingestuft, davon:

1 BDF mit intensiver Landwirtschaft

2 BDF SM-Belastung

5.2 Bodenphysik

Entscheidende Größen der Bodenphysik sind Rohdichte, Korngrößen- und Porenraumverteilung sowie Wasserdurchlässigkeit (gesättigt). Durch sie lassen sich weitere Kennwerte (nFK, FK) ableiten.

Da der Schwerpunkt dieser Probeauswertung auf der stofflichen Belastung lag, wurden nur die zur weiteren Auswertung benötigten Parameter Rohdichte und Korngrößenverteilung (Skelettgehalt, Sand-Schluff-Ton) abgefragt. Um Aussagen zu Luft- und Wasserkapazität der Böden machen zu können, wären noch die Porengrößenverteilungen zu erheben.

Tabelle 27 zeigt in der Übersicht die Auswertungen für die Oberböden der Acker- und Grünland-BDF (ohne Berücksichtigung des Ausgangssubstrats). Die Bewertung erfolgt entsprechend der Einstufung nach KA 4. Wie zu erwarten, sind die Rohdichten bei den Grünlandstandorten überwiegend (80%) sehr gering, während bei den Ackerflächen der Hauptanteil bei gering bis mittel liegt. Mitverantwortlich für die geringen Rohdichten beim Grünland sind die Moorböden.

Tabelle 27: Bodenphysikalische Kennwerte (Rohdichte) der Oberböden

Stufe		Wertebereich	Ap-Acker		Ah-Grünland	
			n / % Anteil		n / % Anteil	
1	sehr gering	<1,25	15	14	20	80
2	gering	1,25-1,45	55	53	2	8
3	mittel	1,45-1,65	30	29	3	12
4	hoch	1,65-1,85	4	4	0	0
5	sehr hoch	> 1,85	0	0	0	0

Tabelle 28 zeigt die statistischen Kenndaten der bodenphysikalischen Kennwerte nach Nutzung differenziert. Bei den Rohdichten der Ap-Horizonte (aller Standorte) liegt der Median in der Stufe 3 (mittel). Für die Grünlandstandorte lassen sich keine allgemeinen Aussagen ableiten, da die Datengrundlage auf Grund des relativ hohen Anteils der Moorböden zu heterogen ist.

Tabelle 28: Statistische Kenndaten der bodenphysikalischen Kennwerte der Ap- und Ah-Horizonte

Nutzung	Rohdichte [g/cm³]			Lagerungsdichte			Anzahl
	Min	Median	Max	Min	Median	Max	
Acker* (Ap)	0,44	1,42	1,69		1,59		104
Grünland** (Ah)	0,28	1,03	1,53	-	-	-	25

*mit 1 Moorstandort; ** 4 mit Moorstandorten

Neben der bodenphysikalischen Bewertung spielen die Rohdichten der Böden eine entscheidende Rolle für die spätere Berechnung der Stoffvorräte (Kap. 5.4). Wie in Tabelle 27 ersichtlich weisen z.B. die Grünlandstandorte i.d.R. geringere Rohdichten auf als die Ackerstandorte. Würden nun die Stoffvorräte mit einer einheitlichen, durchschnittlichen Rohdichte berechnet, führte dies zu falschen Ergebnissen. So kann der Fall eintreten, daß ein Boden mit hohen Stoffkonzentrationen (mg/kg) auf Grund einer geringen Rohdichte geringere Stoffvorräte aufweist, als ein Boden mit mittlerer Stoffkonzentration und einer hohen Rohdichte.

5.3 Stoffkonzentrationen im Oberboden

5.3.1 pH-Wert (CaCl₂)

Tabelle 29 zeigt die pH-Verhältnisse an den ausgewählten Standorten (ohne Differenzierung nach Ausgangssubstrat). Die pH-Werte der Grünlandstandorte sind in der Tendenz niedriger als die der Ackerstandorte. Bei 80% der Grünland-BDF liegt der pH unter 6, bei den Acker-BDF hingegen nur bei 56%.

Tabelle 29: Häufigkeit von pH-Wertbereichen der Oberböden (Acker und Grünland)

Stufe (KA4)	pH Wertebereich	Ap- n	Acker % Anteil	Ah- n	Grünland % Anteil
a2	7,5 – 8	1	1	0	0
a1	7 – 7,5	11	10	3	12
a0	7	2	2	0	0
s1	7 – 6-5	9	8	1	4
s2	6,5 – 6	25	23	1	4
s3	6 – 5	41	38	12	46
s4	5 – 4	19	18	8	30
s5	4 – 3	0	0	1	4
s6	< 3	0	0	0	0

Eine Differenzierung nach Boden-Ausgangssubstraten in Kombination mit einer Auswertung der tieferen Horizonte könnte u.U. die bewirtschaftungsbedingten pH-Wert-Veränderungen (insbesondere Kalkung) verdeutlichen.

5.3.2 Cadmiumkonzentration

Im folgenden werden die Cadmiumkonzentrationen (KW-extrahierbare Gehalte) in den mineralischen Oberböden der ausgewählten BDF ausgewertet. Für die mobilen, pflanzenverfügbaren Cadmiumgehalte (NH_4NO_3 -extrahierbaren Gehalte) erfolgt keine differenzierte Auswertung, da nur für zwei Bundesländer Daten vorhanden sind. Im Idealfall (bei ausreichender Datengrundlage) können die mobilen Gehalte mit dem pH-Wert des Bodens korreliert werden.

Auf Grund noch nicht vollständig erhobener Metadaten zu Bodenausgangsgestein und Zuordnung zu Gebietstypen, können die vorliegenden Daten nur nach Nutzungen getrennt ausgewertet werden. Für eine Zuordnung zu entsprechenden Hintergrundgehalten (UBA, 1999) oder Vorsorgewerten nach BBodSchV sind in jedem Falle das Bodenausgangsgestein bzw. die Bodenarten, im Falle der Hintergrundgehalte auch die Gebietstypen als Schichtungskriterium notwendig.

Wie in Kap. 4.2.4 beschrieben, wird bei den Ackerstandorten der gesamte Ap-Horizont als Oberboden definiert. Tabelle 30 zeigt die Stoffkonzentrationen als Minimal-, Median- und Maximalwerte im Ap-Horizont der Ackerflächen und Ah-Horizont der Grünlandflächen. Die Gesamtgehalte sind auf den Ackerflächen geringer als bei den Grünlandstandorten, was auf den „Verdünnungseffekt“ durch die Pflugarbeit im Ap-Horizont zurückgeführt werden kann. Die Ursachen für die höheren Gehalte in den Ah-Horizonte können die geringere Beprobungstiefe (0-10cm) und/oder die höheren Humusgehalte (stärkere Bindung von Schwermetallen) sein. Auffällig waren bei der Auswertung in diesem Zusammenhang die relativ hohen Werte in Brandenburg, obwohl hier auch beim Grünland generell 0-25cm beprobt wurde. In Abbildung 1 sind die Daten grafisch dargestellt.

Tabelle 30: pH-Wert (CaCl_2) und Cadmiumkonzentrationen (KW-extrahierbar) im Oberboden nach Nutzung getrennt

Nutzung	pH (CaCl_2)		Cd-ges (KW) [mg/kg]		Anzahl
	Median	Min	Median	Max	
Acker (Ap)	5,9	0,00*	0,15	1,43	104
Grünland**(Ah)	5,5	0,00*	0,35	4,76	23

* entspricht < BG; ** ohne Standort Nds048Le (14,3 mg/kg)

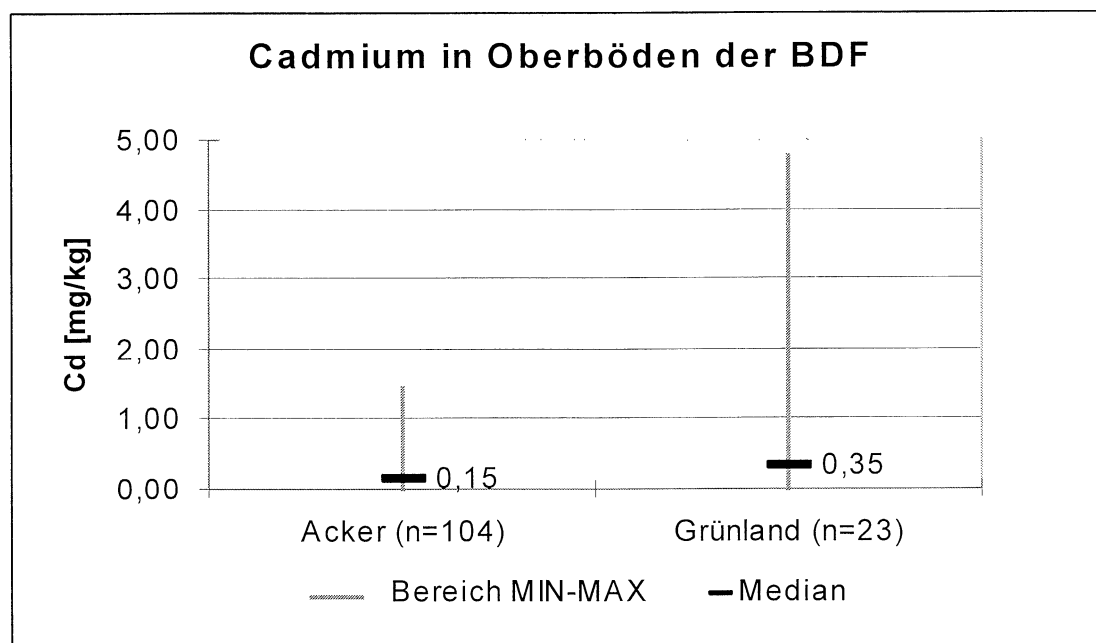


Abbildung 1: Cadmiumkonzentrationen (KW-extrahierbar) in Oberböden nach Nutzungen getrennt

Auch eine Bewertung nach den Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV kann nur eingeschränkt erfolgen. Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze gibt es für die Nutzungen Acker und Grünland unterschiedliche Prüf- und Maßnahmenwerte. Für die Nutzung Acker gilt bei Cadmium der Maßnahmenwert von 0,04 bzw. 0,1 mg/kg bezogen auf die NH_4NO_3 -Extraktion. Die NH_4NO_3 -extrahierbaren Gehalte der ausgewählten Acker-BDF (ohne belastete Standorte) liegen (mit einer Ausnahme) alle unter den entsprechenden Maßnahmenwerten Tabelle 31.

Tabelle 31: Cadmiumkonzentrationen (NH_4NO_3 -extrahierbar) im Oberboden nach Nutzung getrennt

Nutzung	Cd (NH_4NO_3 -Extrakt) [mg/kg]			Anzahl
	Min	Median	Max	
Acker (Ap)	0,000	0,005	0,132	40
Grünland* (Ah)	0,004*	-	0,075	4

Bei Grünland gilt als Maßnahmenwert bei Cadmium ein Wert von 20mg/kg (KW). Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, liegen alle Gehalte unter diesem Maßnahmenwert.

5.4 Stoffvorräte

In Tabelle 32 werden die Stoffvorräte an Cadmium auf den BDF dargestellt. Die Berechnung erfolgt nur für Ap-Horizonte, da hier die Mächtigkeiten weitgehend gleich sind. Die Stoffvorräte werden in g/ha und g/dm³, jeweils um den Skelettanteil korrigiert, angegeben.

Tabelle 32: Stoffvorräte Ap-Horizonte ausgewählter BDF

BDL	Roh- dichte	Mächt- keit [cm]	Cd (KW) mg/kg	Cd [g/ha]			Cd [g/dm ³]			n
	Mittelwert	Mittelwert	Median	Median	90.P	Max	Median	90.P	Max	
1	1,53	25*	0,15	602	2.153	8.382	0,24	0,86	3,35	19
2	1,27	26	0,12	163	582	721	0,10	0,21	0,21	13
3**	1,32	22	0,00	0,0***	928	3.237	0,00	0,46	1,62	40
4	1,45	27	0,32	1.094	1.936	5.829	0,37	0,68	2,16	27
Alle Standorte		25	0,15	438	1.495	8.382	0,22	0,62	3,35	99

* Ap-Horizont generell bis 25 cm beprobt; **keine Korrektur um Skelettanteil, ***entspricht < BG

Die Ergebnisse der Stoffvorratsberechnung in Tabelle 32 belegen die Notwendigkeit dieser Betrachtungsweise. Zeigen die Medianwerte der Stoffkonzentrationen in den verschiedenen BDL teilweise geringe Unterschiede (BDL 1 zu BDL 2), so sind die Unterschiede bei den Stoffvorräten auf Grund der unterschiedlichen Dichten deutlich größer. In ähnlicher Weise gilt dies auch für die Berücksichtigung der Skelettanteile im Boden. Im vorliegenden Fall betrugen die Grobbodenanteile an einzelnen Standorten bis zu 25 Gew. %.

Eine Bewertungsgrundlage für Stoffvorräte liegt nicht vor, so daß in diesem Stadium der Auswertung nur ein quantitativer Vergleich erfolgen kann. Kommen später weitere Erkenntnisse hinsichtlich Ein- und Austrag hinzu, so lassen sich auch qualitative Aussagen über evtl. Veränderungen ableiten.

6 Probleme/Defizite

Im folgenden werden nochmals kurz zusammenfassend Probleme und Defizite aufgezeigt, die sich im Laufe des Vorhabens ergaben. Sie sind in die zwei Bereiche „Erhebung der BDF-Daten“ und „Auswertekonzeption und Probeauswertung“ gegliedert.

6.1 Erhebung der BDF-Daten

Im Rahmen des Vorhabens sollten durch eine Befragung der Länder alle, durch die Umweltbehörden in Meßnetzen betriebenen Boden-Dauerbeobachtungsflächen erfaßt werden. Ziel war es, über die z.T. schon vorhandenen meßnetzbezogenen Daten hinaus, standortspezifische Angaben in einem hohen Detaillierungsgrad im Bereich der Untersuchungsparameter und Methoden zu erheben. Zu diesem Zweck wurde auf Grundlage der Empfehlungen aus der Arbeit „Boden-Dauerbeobachtung - Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ (Ad-hoc-AG BDF, 2000) ein detaillierter Fragebogen für jedes Bundesland erarbeitet. Die Erhebung dieser Meta-Daten zu den BDF gestaltete sich sehr aufwendig. Vor allem der Abgleich der bereits beim UBA vorhandenen Metadaten mit den neuen Daten erwies sich u.a. auch auf Grund unterschiedlicher BDF-Kennnummern als schwierig.

Ganz allgemein gilt anzumerken, daß die Verfügbarkeit der Daten dadurch eingeschränkt ist, daß in einigen Bundesländern die Zuständigkeiten je nach Nutzung in verschiedenen Ressorts liegen. Dies führte zu langen Wartezeiten bzw. Unvollständigkeiten bei der Datenaktualisierung.

Ferner waren die Angaben zur Standortcharakteristik uneinheitlich insbesondere bei:

- Angaben zu Geologie und Substrat: Übersetzung von KA3 nach KA4 ist noch nicht bei allen BDF erfolgt bzw. die Angaben fehlen noch ganz (z.B. Bayern).
- Zuordnungen zu den Legendeneinheiten BÜK 1000 bzw. BAG 1000 (zwecks Vergleichbarkeit mit Hintergrundwerten und Durchführung einer Repräsentanzprüfung) fehlen größtenteils.
- der Dokumentation der Belastungssituation: Der Begriff „Belastung“ wird in unterschiedlicher Weise gebraucht. Er wird sowohl für tatsächlich (anthropogen) belastete Standorte als auch für Standorte in „depositionsträchtigen“ Lagen (s.a. Kap. 4.2.7) verwendet.

Bei den Angaben zur Erhebungsintensität sind in folgenden Bereichen noch Datenlücken zu schließen:

- Parameter: Insbesondere bei den fakultativen Parametern (z.B. Dioxine oder bodenbiologische Untersuchungen) ist oft noch nicht entschieden, ob und an welchen BDF diese analysiert werden.
- Methoden: Bei einigen Untersuchungsmethoden besteht der Bedarf an Detailinformationen; so z.B. bei der Bodensickerwasserbeprobung. Hier sollten nähere Angaben zu Entnahmetiefen, verwendete Kerzenmaterialien etc. gemacht werden.
- Wiederholungsintervalle: Hier fehlen die Angaben teilweise ganz, oder sie sind noch nicht festgelegt. Dies deutet darauf hin, daß für einige Stoffgruppen noch keine gesicherten Erkenntnisse über sinnvolle parameterspezifische Beprobungsintervalle vorliegen.
- Auswerteroutinen: In den meisten Bundesländern wurden nur sehr allgemeine oder keine Angaben gemacht. Dies mag darin begründet sein, daß in den meisten Bundesländern noch keine Wiederholungsbeprobungen durchgeführt wurden.

6.2 Auswertekonzeption und Probeauswertung

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung einer Konzeption für eine länderübergreifende Auswertung der BDF-Daten wurde deutlich, daß die BDF-Meßnetze der Bundesländer nicht als bundesweite systematische Stichprobenerhebung konzipiert sind. Daraus folgt, daß für die weiteren Auswertungsschritte zunächst mit dem gesamten Datenpool gearbeitet wird. Für die länderübergreifende Auswertung ist eine Reduzierung auf repräsentative Standorte nicht sinnvoll. Sollen für spezifische Fragestellungen repräsentative Standorte ausgewählt werden, so ist es auf Grund der nun beim UBA dokumentierten Metadaten möglich, mit den entsprechenden Repräsentanzkriterien, diese auszuwählen.

Bei der konkreten Probeauswertung wurden bei der Abfrage und Auswertung verschiedene Datenlücken offenbar, die es zuletzt nicht ermöglichten die übermittelten Daten in der gewünschten Art (s.a. Kapitel 4.3.1) auszuwerten.

Im einzelnen handelt es sich um:

- Verfügbarkeit der Daten: Oft sind die Analysendaten nicht bei einer Fachbehörde gebündelt. D.h. entweder sind die Zuständigkeiten entsprechend der Nutzung, oder parameter-spezifisch getrennt (z.B. das GLA hat Daten zu Boden- und Substrattyp und Bodenphysik, das Landesamt für Umweltschutz hat die Bodenchemiedaten und Informationen zu Belastungsgebieten). Dies führte bei der Probeauswertung dazu, daß keine einheitliche Grundlage für die gelieferten Daten erzeugt werden konnte. Aus diesem Grund mußte die Auswertung auf die Ebene der Nutzung beschränkt werden. Für eine weitere Schichtung nach BAG waren nicht durchgängig Daten vorhanden.
- Die Beprobungstiefe kann parameterspezifisch variieren. So werden z.B. auf den landwirtschaftlichen BDF in Niedersachsen bei Cadmium generell nur die Oberböden beprobt. Dies würde dann z.B. eine länderübergreifende Auswertung für tiefere Bodenhorizonte ausschließen.
- Keine einheitliche Beprobungszeiträume bei Wiederholungsbeprobungen. Der Beprobungszeitraum der vorliegenden Daten aus den Erstbeprobungen reicht von 1985 bis 1999. Es werden also Gehalte großer Zeiträume miteinander verglichen, die bereits im Bereich von Wiederholungsbeprobungen liegen.
- Die Daten für Probeauswertung waren teilweise noch nicht aufbereitet, es standen Einzeldaten von mehreren Parallelen zur Verfügung, die zu einem Wert zusammengefaßt werden mußten.
- In zwei Bundesländern (MV u. SN) und an einigen Forst-BDF (z.B. in BB) werden die Schwermetalle als Totalgehalte bestimmt. Für die länderübergreifende Auswertung werden jedoch KW-extrahierbare Gehalte benötigt. Die Umrechnung sollte möglichst direkt in den Bundesländern erfolgen (s.a. Kapitel 4.2.5.1).
- Die extrahierbaren, pflanzenverfügbaren Schwermetallgehalte werden in ca. 50% der Fälle (238 von 470 BDF) nicht in der NH_4NO_3 -Extraktion bestimmt. Auch hier muß vor einer länderübergreifenden Auswertung zuerst eine Umrechnung erfolgen.

7 Diskussion und Vorschläge für weitere Erhebungen bzw. Auswertungen

Aus den vorangegangenen Defiziten und Problemen ergeben sich für die zwei Bereiche „Erhebung der BDF-Daten“ und „Auswertekonzeption und Probeauswertung“ weiterer Handlungsbedarf. Die Vorschläge und Empfehlungen werden dabei in „Fleißarbeiten“ (= weitere Datenerhebung, FI), Forschungsbedarf (Fo), Abstimmungsbedarf (Ab) untergliedert.

7.1 Erhebung der BDF-Daten

Mit der in diesem Vorhaben durchgeführten Erhebung liegt zum ersten Mal ein Datenpool mit standortspezifischen Meta-Daten sämtlicher, im Rahmen von Bodenmeßnetzen betriebenen, BDF in Deutschland vor. Neben den allgemeinen Standortbeschreibungen (Lage, Nutzung, Boden-Substrattyp, etc) wurden auch sehr detailliert, entsprechend den Empfehlungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden-Dauerbeobachtung der LABO (Ad-hoc-AG BDF, 2000), die Erhebungsparameter und –Methoden für jeden Standort erfaßt. Die Daten werden beim UBA in einer Datenbank vorgehalten und sind für Anfragen der Länder zugänglich.

Die Erfahrung bei der Datenerhebung haben jedoch gezeigt, daß es schwierig ist zu einem bestimmten Zeitpunkt alle Metadaten der BDF mit einem solch hohen Detaillierungsgrad erfassen zu wollen. Zum einen sind die Meßnetze noch nicht in allen Bundesländern vollständig ausgebaut, zum anderen ergeben sich teilweise kurz- und mittelfristig Änderungen bei der Erhebungsintensität (z.B. Parameterzusammenstellung) und Untersuchungsmethoden. Teilweise war auch die Übermittlung der Daten aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Darüber hinaus können zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht sämtliche, ggf. erst für zukünftige Fragen notwendige Daten abgefragt werden. Mit jeder neuen wissenschaftlichen Frage kommen auch neue Datenanforderungen hinzu. Die Datenergänzung und –aktualisierung wird demzufolge immer ein Thema sein. Dies kann mittel- bis langfristig auch im Rahmen von Vorhaben geschehen, bei denen die Daten des UBA verwendet werden.

Kurzfristig sollten konkret noch folgende Punkte bearbeitet werden:

- Angaben zu Substrattypen und Geologie nach KA4 (z.T. noch Bodentypen) sind noch zu erheben bzw. zu übersetzen, da sie für substratbezogene Auswertungen benötigt werden. Eventuell können die vorliegenden Angaben (i.d.R. nach KA3) beim BGR mittels

Übersetzungsschlüssel automatisch in die neue Nomenklatur überführt werden. (Fl)

- Zuordnungen der BDF zu Legendeneinheiten der BÜK 1000 und BAG 1000 müssen noch beim größten Teil der BDF ergänzt werden. Dies kann bei Vorliegen o.g. Daten ggf. beim BGR für alle Standorte durchgeführt werden. (Fl)
- Zuordnung zu Gebietstypen
- Differenzierte Erfassung der Belastungsarten (s.a. Kapitel 3.3.3 und 4.2.7).

Die in Kapitel 6.1 genannten Datenlücken bezüglich der Parameter und Methoden sollten möglichst im Rahmen von konkreten, projektbezogenen Anfragen kurz- bis mittelfristig geschlossen werden.

Mittel- bis langfristig wäre auch eine stärkere Berücksichtigung des nichtstofflichen Bodenschutzes durch intensivere Erhebung der bodenphysikalischen Parameter (im Hinblick auf Verdichtung und Erosion) wünschenswert. (Ab)

Bei zukünftigen Auswertungen werden unvermeidbar weitere Datenlücken oder Unzulänglichkeiten des Datenpools zum Vorschein kommen. Darüber hinaus bedarf es einer regelmäßigen Aktualisierung der Daten. Aus diesen Gründen ist zu empfehlen, daß die auswertende Stelle (UBA) über entsprechende Gremien (LABO) in ständigem Austausch steht, um möglichst zeitnah evtl. Datenlücken zu schließen und eine größtmögliche Harmonisierung bei der Gewinnung und Auswertung der BDF-Daten zu erreichen. (Ab)

7.1.1 Basisdatensatz BDF

Im Rahmen des Vorhabens und der Diskussion im Projektbeirat hat es sich gezeigt, daß es notwendig und sinnvoll ist, als Grundlage für die vielfältigen Informations-Anforderungen an die BDF-Metadaten, einen „Basisdatensatz“ beim UBA zu hinterlegen. Im Hinblick auf die länderübergreifende Auswertung soll dieser Basisdatensatz, aufbauend auf den bisher erhobenen Meta-Daten, auch „harte Daten“ (z.B. Rohdichten, pH-Wert, Humusgehalt) enthalten. Es soll damit vermieden werden, daß obligatorische Daten bei jeder neuen Auswertung nochmals erhoben werden müssen. Andererseits erhöht sich damit auch der Informationsgehalt der bisher erhobenen Meta-Daten. Dieser Basisdatensatz soll dann auch allen Ländern zu Verfügung stehen. Hierzu bedarf es mittelfristig einer Abstimmung der beteiligten Institutionen über den konkreten Parameterumfang.

7.2 Auswertekonzeption und Probeauswertung

Die Arbeiten zur Auswertekonzeption haben gezeigt, dass mit der momentanen Datengrundlage zunächst eine länderübergreifende Auswertung des Bodenzustandes möglich ist (s.a. Kap. 4.2.1). Dabei wird in jedem Fall auf die Grundgesamtheit aller BDF-Standorte zurückgegriffen.

Sollen aus der Grundgesamtheit repräsentative Standorte zur Beantwortung spezifischer Fragen ausgewählt werden, so sind je nach Fragestellung unterschiedliche Repräsentanzkriterien erforderlich. Zwei Fragestellungen stehen bei der länderübergreifenden Auswertung im Vordergrund:

1. Reduktion der zu verarbeitenden Datensätze z.B. für den Zweck der Berichterstattung im Rahmen des Umweltmonitoring auf europäischer Ebene oder vereinfachter Aussage auf Bundesebene. Hierzu müssen allerdings noch detaillierte Anforderungen formuliert werden.
2. Ableitung bundesweiter flächenrepräsentativer Aussagen im Sinne von „Punkt zur Fläche“

Für beide o.g. Fragestellungen wäre eine Repräsentanzprüfung mit den jeweils spezifischen Kriterien durchzuführen (s.a. Kap.4.2.1). (Fo)

Für eine Optimierung der Aussagekraft länderübergreifende Auswertungen sollte langfristig, über folgende Punkte zwischen den Ländern eine Abstimmung (ggf. unter Verwendung o.g. Repräsentanzprüfungen) erfolgen:

- Abstimmung über die Einrichtung neuer BDF durch die Bundesländer. Z. B. wäre zu prüfen, ob mehr Siedlungsflächen berücksichtigt werden können, da sie mit 0,8 % Anteil bisher nicht repräsentativ vertreten sind. (Ab)
- Abstimmung über die Einrichtung neuer Intensiv-BDF (insbesondere „Nicht-Wald-Flächen“) zur Erhebung der im Rahmen der Prozessdokumentation notwendigen Eintrags-/Austrags-untersuchungen. Hier wäre auch eine länderübergreifende Diskussion wünschenswert, in der sich die Länder ggf. über Forschungsschwerpunkte an solchen Intensiv-BDF austauschen (in Anlehnung an das Level II-Programm). (Ab)
- Abstimmung über die Anwendung erprobter Modelle (z. B. Bodenwasserhaushalt → Sickerwasserrate → Auswaschung/ Austrag) auf der Ebene der Prozessdokumentation (Ab, Fo)

- Stärkere Berücksichtigung von nichtstofflichen Bodenveränderungen. Im Zusammenhang mit Auswertungen und Prognosen zu Erosion und mechanischer Belastbarkeit von Böden wäre z.B. auch eine regelmäßige Erhebung der Rohdichten oder Aggregatstabilität auf repräsentativen landwirtschaftlich genutzten Standorten (insbesondere Sonderkulturen) wünschenswert. Es besteht auch hier der Bedarf an der Festlegung von spezifischen Beprobungsintervallen. (Ab)

Durch die Probeauswertung zu den Cadmiumgehalten im Oberboden hat sich gezeigt, daß in einigen Bereichen kurz- bis mittelfristig folgender konkreter Handlungsbedarf besteht:

- Eine einmalige Übermittlung der bodenphysikalischen Grunddaten aller BDF würde für weitere Auswertungen (Stoffvorräte) eine gute Datengrundlage darstellen. Dies ist im Sinne des in Kapitel 7.1.1 angesprochenen Basisdatensatz zu sehen. (Fl, Ab)
- Lieferung der Daten in bereits ausgewerteter Form. D. h. jedes Bundesland führt die notwendigen Daten zusammen und wertet die eigenen Roh-Daten nach einem vorgegebenen Konzept (s.a. Kapitel 4.3.2 und 4.3.3) aus. Für jeden Standort soll je Horizont nur ein Datum (z.B. massen- und volumenbezogene Schadstoffgehalte) geliefert werden. (Ab)
- Abstimmung über den Umgang mit Gehalten < Bestimmungsgrenzen (BG). Wichtig ist die Kenntnis der jeweiligen BG. Sie wurden bisher noch nicht erhoben. Sie sollten bei Datenanfragen entsprechend übermittelt werden. (Ab)
- Bei Auswertungen zu Schwermetallgehalten ist bei den Daten von 2 BDL eine Umrechnung von Totalgehalten auf KW-extrahierbare Gehalte notwendig. Hier sollte eine gemeinsame Vorgehensweise abgestimmt werden. (Ab)
- Harmonisierung bei der Bestimmung der pflanzenverfügbaren SM-Gehalte. Die NH_4NO_3 -Extraktion ist nach den Empfehlungen der ad-hoc-AG BDF die Methode der Wahl. Alternativ wäre auch eine Testauswertung zur Bewertung bestehender Umrechnungsmethoden (z.B. Hornburg et al. 1995) möglich. (Ab).
- Sollen langfristig länderübergreifende Auswertungen zu Zeitreihen gemacht werden, ist eine Abstimmung über Beprobungszeiträumen bei Wiederholungsbeprobungen notwendig (zumindest für die ausgewählten Parameter). Hierzu sollte in den entsprechenden Gremien

ein Austausch von Erkenntnissen zu sinnvollen, stoffspezifischen Beprobungsintervallen erfolgen. (Ab, Fo)

Für zukünftige, länderübergreifende Auswertungen zum Bodenzustand wird empfohlen, die Einrichtung eines ausreichenden Basisdatensatzes (s. a. Kap. 7.1.1) beim UBA anzustreben. In der Folge werden dann nur noch die Analysenwerte der ausgewählten Parameter benötigt. Unabhängig davon sollten kurzfristig die in Kapitel 6.1 genannten Datenlücken geschlossen werden. Somit wird auch eine Datenbasis geschaffen, die es ermöglicht z.B. für Fragestellungen der Umweltprobenbank Synergieeffekte (Kooperation/ Ausnutzung vorhandener Kapazitäten) zu nutzen.

Ferner ist eine Auswahl von Parametern zu treffen, die sich für eine länderübergreifende Auswertung eignen. Hierbei sind Stoffe bzw. Stoffgruppen zu nennen, welche an den meisten BDF erhoben werden (i.d.R. die obligatorischen Parameter), und deren Analysemethoden weitestgehend einheitlich sind.

Für eine routinemäßige Darstellung des bundesweiten Bodenzustandes durch das UBA empfiehlt sich eine Beschränkung auf die Auswertung der Oberböden. Für spezielle Fragestellungen (z.B. Verlagerung und Austrag von Aluminium) kann es notwendig sein, daß auch Informationen für tiefere Horizonte benötigt werden. Deshalb sollte im Rahmen der Erstellung des Basisdatensatzes die Verfügbarkeit der entsprechenden Daten für die tieferen Horizonte erhoben werden.

Die Auswertungsebenen müssen sich an den Parametern und den Fragestellungen orientieren (s.a. Kap. 4.3.1). Die Daten können jedoch zunächst ohne Schichtungskriterien oder nach der Flächennutzung differenziert ausgewertet werden. Sollen, wie z.B. bei Schwermetallen Aussagen, zu Hintergrundwerten gemacht werden, sind die Ebenen Bodenausgangsgestein und Gebietstypen zu berücksichtigen.

Als Auswertungsgrößen werden sowohl die Angaben als Stoffkonzentrationen (mg/kg) als auch die volumenbezogenen Angaben zu den Stoffvorräten (g/ha oder g/dm³) empfohlen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Bereichsangaben (Minimal-, Median- und Maximalwert (s.a. Kap. 5.3.2 und 5.4). Über eine kartographische Darstellung konnte keine Einigkeit erzielt werden. Es soll vermieden werden, daß sich länderspezifische Eigenheiten (viele/wenige BDF, hohe/niedrige Schadstoffkonzentration) durchpausen.

8 Zusammenfassung

Im Rahmen der nationalen und internationalen Berichtspflichten des Bundes zum Bodenzustand, besteht die Notwendigkeit die Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) der Länder auf Bundesebene für integrierende Auswertungen nutzbar zu machen. In einem vorangegangenen F+E Vorhaben (Organisation und Methodik des Bodenmonitorings, 1998) wurden zum ersten Mal Informationen über die Bodenmeßnetze der Länder erhoben und auf ihre bundesweite Repräsentanz untersucht.

Projektziel des vorliegenden Vorhabens war es zunächst, die Datengrundlage durch eine Befragung der Länder zu aktualisieren. In einem weiteren Schritt sollten eine Konzeption für eine länderübergreifende Auswerteroutine erarbeitet, sowie eine Testauswertung an ausgewählten BDF durchgeführt werden.

Aufbauend auf der Datengrundlage des o.g. Vorhabens wurden im Rahmen dieses Projektes die Daten aller BDF (Stand 12/99) ergänzt und aktualisiert bzw. neue BDF erhoben. Dabei wurden sowohl die allgemeinen Standortdaten (Nutzung BDF-Typ, Boden- u. Substrattyp, Koordinaten, etc.) sowie auch alle standortspezifischen Untersuchungsparameter (Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenbiologie, Eintrags-/Austragsmessungen) erfaßt und in einer Datenbank hinterlegt. Mit Stand Juli 2000 sind damit in Deutschland 794 BDF, die in Bodenmeßnetzen integriert und nach den Vorgaben der Ad hoc AG BDF (LABO ad hoc AG BDF, 2000) betrieben werden, länderübergreifend dokumentiert.

Der überwiegende Anteil der BDF (739, 93%) wird als Basis-BDF betrieben, 55 (7%) Standorte sind als Intensiv-BDF (Intensiv + Level II) eingerichtet. Bei der Nutzung überwiegen die Ackerflächen mit 46%, während Grünland mit 17% und der Forst mit 33% vertreten sind. Sonderkulturen und Siedlungsflächen erreichen mit je 6 BDF einen Anteil von jeweils 0,8%. Der Hauptbodentyp Braunerde ist mit 23,6% am häufigsten vertreten. Pseudogleye und Parabraunerden nehmen mit jeweils ca. 10% noch einen recht großen Prozentteil ein, während die anderen Bodentypen mit Anteilen von weniger als 5% vertreten sind.

Mit den aktualisierten BDF-Daten wurde eine Plausibilitätsprüfung der Repräsentanzstudie aus o.g. Forschungsvorhaben durchgeführt. Diese Prüfung ergab, dass die Repräsentanzliste der „Kieler Studie“ im Rahmen dieses Vorhabens nicht als Grundlage für weitere Auswertungen herangezogen werden kann. Es ist geplant, zukünftige länderübergreifende

Auswertungen auf der Grundlage sämtlicher BDF (Gesamtdatensatz) durchzuführen.

Bezüglich der Erhebungsintensität wurde festgestellt, daß an keiner BDF alle in der LABO-BDF-Richtlinie genannten obligatorischen Parameter erhoben werden. Bei den Standardparametern (Korngrößen, Rohdichte, pH, C- und N-Gehalte, Schwermetalle) sind hingegen keine größeren Datenlücken vorhanden. Eine länderübergreifende Merkmalsdokumentation der Böden sowie die Beurteilung des Bodenzustandes bezüglich dieser Parameter, ist für alle BDF möglich.

An 3 Acker-Standorten (Intensiv-BDF) werden vollumfängliche Eintrag-/Austragsmessungen (incl. Klimamessungen) durchgeführt, wie sie idealerweise für eine Auswertung zur Prozessdokumentation (Ursachen-Wirkungs- Untersuchungen) benötigt werden. An insgesamt 55 BDF werden die luftgetragene Deposition und das Bodensickerwasser, an weiteren 12 BDF nur das Bodensickerwasser untersucht.

Die Daten werden beim UBA in einer Datenbank vorgehalten und können den Bundesländern in digitaler Form zur Verfügung gestellt werden.

Bei der Erarbeitung einer Auswertekonzeption wurden entsprechend den LABO-BDF-Richtlinien zwei Richtungen (Merkmalsdokumentation und Prozessdokumentation) unterschieden. Für die Auswertung zur Merkmalsdokumentation (=Bodenzustand) wurde eine Vorgehensweise entwickelt, die es ermöglicht länderübergreifende Auswertungen zum Bodenzustand durchzuführen. Es wurde dabei davon ausgegangen, daß die BDF länderspezifische Repräsentanz besitzen (Eine Überprüfung der bundesweiten Repräsentanz steht noch aus). Im Detail wurden die spezifischen Datenanforderungen (Repräsentanz, Analysenmethoden, Umgang mit Nachweisgrenzen, Berücksichtigung „belasteter Standorte“, Definition Oberboden) formuliert und gemeinsame Auswertungsebenen (Hauptnutzung, Bodenausgangsgestein/ Substrattyp, Gebiets/Regionstypen) vorgeschlagen. Für die Prozessdokumentation wurden die prinzipiellen Anforderungen an die datenliefernden BDF beschrieben.

Mit Beispieldaten von 4 Bundesländern (Brandenburg, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Sachsen) wurde eine Testauswertung zum Bodenzustand, mit Cadmium als Testparameter, durchgeführt. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß trotz weitestgehender Harmonisierung der Methoden im Einzelfall unterschiedliche Datenqualitäten (Analysemethoden, Beprobungsmethodik, Verfügbarkeit der Daten) vorliegen. Insgesamt standen Daten von 157 BDF zur Verfügung.

Auf Grund o.g. Datenlücken war es nur möglich eine Auswertung der Cadmiumgehalte in den Oberböden auf der Ebene der Hauptnutzungen Acker und Grünland durchzuführen. Entsprechend den Empfehlungen der Ad hoc AG BDF wurden die Daten hinsichtlich Stoffkonzentration (mg/kg) und Stoffvorräte (g/ha u. g/dm³) ausgewertet. Belastete Standorte blieben unberücksichtigt.

Die Cadmiumkonzentrationen in den Ap-Horizonten der Acker-BDF lagen im Bereich von 0 – 1,43 mg/kg (Median 0,15mg), bei den Ah-Horizonten schwanken sie zwischen 0 – 4,76 mg/kg (Median 0,35mg/kg). Die Stoffvorräte wurden nur für die Ap-Horizonte ermittelt. Sie lagen zwischen 0 g/ha und 8.382 g/ha (Median 438 g/ha).

Abschließend werden die Probleme und Defizite des momentanen BDF-Datenbestandes und der Probeauswertung formuliert und Vorschläge für das weitere Vorgehen unterbreitet.

Es hat sich gezeigt, daß nach wie vor noch ein Abstimmungsbedarf zwischen den Ländern im Betrieb der BDF besteht, um länderübergreifende Vergleichbarkeit der erhobenen Daten sicherzustellen.

Kurzfristig sollte der nun vorhandene Datensatz (Stand Juli 2000) um die in Kap. 6.1 genannten Angaben (z.B. Bodenausgangsgestein, Substrattypen nach KA4, Gebietstyp, Belastungstyp) vervollständigt werden.

Die Diskussion im Projektbeirat ergab, daß mittelfristig jedoch ein Basisdatensatz der BDF mit „harten Daten“ (in Abstimmung mit den beteiligten Ländern und der BGR) erstellt und beim UBA hinterlegt werden soll. Hierdurch soll die wiederholte Abfrage gleicher Daten vermieden werden. Darüber hinaus ist sicherzustellen, daß die Daten regelmäßig aktualisiert werden.

Für eine Optimierung der Aussagekraft länderübergreifende Auswertungen sollte langfristig, zwischen den Ländern eine Abstimmung über Schwerpunkte bei der Einrichtung neuer BDF sowie über Forschungsschwerpunkte an Intensiv-BDF erfolgen:

9 Summary

In connection with the Federal Government's obligations concerning reporting on the state of soil at both the national and international levels, it is necessary to make the permanent soil monitoring sites (PSMSs) installed by the Federal States usable for integrative evaluations at federal level. A preceding R+D project (soil monitoring – organisation and methodology, 1998; “Kiel study”) was the first activity ever to compile information about the Federal States' soil monitoring networks and examine their representativity for Germany.

The aim of the present project was, firstly, to update the database through an inquiry among the Federal States. In a second step, a concept for a harmonised evaluation procedure was to be developed and tested using the data of selected PSMSs.

Based on the data gathered in the above-mentioned preceding project, the data of all PSMSs (status: 12/99) were completed and updated and a record was compiled of new PSMSs. Both general data on the sites (use of site type, type of soil and substrate, coordinates, etc.) and data on all site-specific parameters (soil physics, soil chemistry, soil biology, input/output measurements) were recorded, and stored in a database. This means that as of July 2000, the central documentation of PSMSs in Germany that are integrated in soil monitoring networks and operated in accordance with the guidelines developed by the ad-hoc Working Group “Permanent Soil Monitoring Sites” of the Joint Soil Commission of the Federal States (LABO ad-hoc WG PSMSs, 2000) covers a total of 794 sites.

The vast majority of the sites (739, or 93%) is operated as basic-level PSMSs while 55 sites (7%) have been established as intensive-level PSMSs (intensive + Level II). As regards land-uses, arable land predominates (46%) while grassland and woodland have a share of 17% and 33%, respectively. Land under specialised crops and built-up land each account for 0.8%, or six sites. At 23.6%, the main soil type brown earth is represented most frequently. At 10% each, pseudogleys and para-brown earths account for a relatively large percentage, while the other soil types are represented with shares of less than 5%.

The updated PSMS data were used to check the results of the representativity study performed as part of the above-mentioned project (“Kiel study”) for plausibility. This plausibility analysis showed that the list of representative sites drawn up in the “Kiel study” cannot be used as the basis for further evaluations. For the future, it is planned to use the data

from all PSMSs (comprehensive data set) as a basis for evaluations performed at federal level.

As regards the parameters covered, it was found that there is no site at which all mandatory parameters specified in the LABO PSMS guidelines are measured. In contrast, no major data gaps exist for the standard parameters (particle sizes, raw density, pH, C and N contents, heavy metals). A documentation of soil characteristics at federal level and an evaluation of the condition of soil in respect of these parameters is possible for all PSMSs in Germany.

Full-scale input/output measurements (including meteorological measurements) as ideally required for the evaluation of process-related data sets (cause-effect analyses) are carried out at three arable-land sites (intensive PSMSs). At a total of 55 PSMSs, atmospheric-deposition measurements *and* leachate analyses are performed; at 12 additional sites, leachate analyses only.

The data are kept in a database at the Federal Environmental Agency and can be made available to the Federal States in a digital form.

In developing an evaluation concept, two directions were pursued (documentation of soil characteristics, documentation of process-related data) in line with the LABO PSMP guidelines. For the evaluation of data on soil characteristics (= condition of soil), a procedure was developed which permits evaluations on the state of soil to be performed at country level. In so doing, it was assumed that the representativity of the PSMSs is Federal-State specific (an evaluation of their representativity for all of Germany has yet to be undertaken). Specific data requirements (representativity, analysis methods, treatment of values below the detection limit, consideration of “contaminated sites”, definition “topsoil”) were formulated and common evaluation levels (main land-use, parent material/type of substrate, type of area/region) proposed. For the documentation of process-related data, general requirements to be met by the data-supplying PSMSs were described.

Data from four Federal States (Brandenburg, Baden-Württemberg, Lower Saxony and Saxony) were used to carry out a test evaluation on the state of soil, with cadmium as test parameter. Experience has shown that in spite of an extensive harmonisation of the methods, data differing in quality (analysis method, sampling method, data availability) may be available in a given case. Data from a total of 157 PSMSs were available for the test evaluation.

Due to existing data gaps, it was only possible to evaluate cadmium in topsoil at the level of the main land-uses “arable land” and “grassland”.

Following the recommendations of the ad-hoc WG “PSMSs”, the data were evaluated in terms of concentration levels (mg/kg) and reserves (g/ha and g/dm³). Contaminated sites were not included in the analysis.

Cadmium concentrations in the AP-horizons of the arable-land sites were in the range of 0 – 1.43 mg/kg (median: 0.15 mg); concentrations in the Ah-horizons varied between 0 and 4.76 (median: 0.35 mg/kg). Cadmium reserves were determined only for the Ap-horizons; they ranged between 0 g/ha and 8,382 g/ha (median: 438 g/ha).

The final part of the study identifies problems and deficits found in the current data inventory and in the test evaluation and presents proposals for future activities.

It became apparent that there continues to be a need for coordination between the Federal States in the operation of PSMSs in order to ensure countrywide comparability of the data generated.

The set of data now available (status: July 2000) should be supplemented in the short term with the information specified in chapter 6.1 (e.g. parent material, types of substrate according to KA4, type of region, type of contamination).

An outcome of the discussions in the project advisory committee is that, in the medium term, a basic data set consisting of “hard data” on the PSMSs should be developed (in agreement with the Federal States and the Federal Institute for Geosciences and natural Resources) and deposited with the Federal Environmental Agency, so as to avoid repeated consultation of the same data items. Furthermore, it must be ensured that the data are updated at regular intervals.

To optimise the quality of evaluations carried out at federal level, coordination should take place between the Federal States concerning priorities in the establishment of new PSMSs and for research activities at intensive-level PSMSs.

10 Literatur und Quellenverzeichnis

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden-Dauerbeobachtung AK2 LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (2000)

Boden-Dauerbeobachtung - Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen

AG Bodenkunde der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1994)

Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover

Arbeitsgemeinschaft für Bodensystematik der DBG (1998)

Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands – Systematik der Böden, Systematik der bodenbildenden Substrate, Gliederung periglazialer Lagen – Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 86

Bachmann, G., Bannick, C.-G., Giese, E., Glante, F., Keine, A., Konietzka, R., Rück, F., Schmidt, S., Terytzke, K., Borries, D. (1997)

Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. - In: Rosenkantz, Bachmann, Einsele & Harres (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, : S. KennNr: 3500

Bachmann, St., Stolz, W., Kantor, W., Kuhnt G. (1994)

Begleitstudie zur bundesweiten Bodenzustandserhebung im Walde. - , Texte 6/94

Barth, N., Klose, R. (1998)

Erste Ergebnisse zur Stoffbilanzierung bei zwei Intensivmeßflächen des BDF-Programms von Sachsen. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 331-334

Bayerische Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau (1997)

Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen (BDF). Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995, Teil III: Boden: Gefüge, Organische Substanz, Bodenorganismen, Vegetation. - Schriftenr. d. Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau, Heft 6, Freising-München, 1997

Bayerische Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau (1997)

Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen (BDF). Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995. Teil I: Einführung, Stoffbestand des Bodens - Nährstoffe, Schadstoffe. - Schriftenr. d. Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau, Heft 4, Freising-München, 1997

Bayerische Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau (1997)

Boden-Dauerbeobachtung-Flächen (BDF). Bericht nach 10jähriger Laufzeit 1985-1995. Teil II: Stoffeinträge, Stoffausträge, Schwermetall - Bilanzierung verschiedener Betriebstypen.. - Schriftenr. d. Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau, Heft 5, Freising-München, 1997

Bayerisches Geologisches Landesamt (1991)

Veränderung von Elementgehalten in ausgewählten Böden Bayerns. - GLA Fachberichte, Heft 6, München, 1991

Bayerisches Geologisches Landesamt (1994)

Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Bayerischen Geologischen Landesamtes. - GLA Fachberichte, Heft 11, München, 1994

Bayerisches Geologisches Landesamt (1994a)

Hintergrundbelastung bayerischer Böden mit organischen Problemstoffen. - GLA Fachberichte, Heft 12, München, 1994

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung u. Umweltfragen (1990)

Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern. - 1. Aufl., München

Benne, I. und Heineke, H.J. und Nettelmann, R. (1990)

Die DV - gestützte Auswertung der Bodenschätzung. - 1. Aufl., E. schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover

Blume, H.-P. (1992)

Handbuch des Bodenschutzes - Bodenökologie und -belastung, vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. - 2. Aufl., ecomed,

Brandtner, W. (1998)

Aufgaben der ad-hoc-AG Bodendauerbeobachtung des AK 2 der LABO. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 299-301

Buberl, H.G., Kv. Wilpert, G. Trefz-Malcher, E.E. Hildebrand (1994)

Der chemische Zustand von Waldböden in Baden-Württemberg. - Mitteilungen der FVA, 182 S.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (1998)

Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. - In: Rosenkranz, Einsele, Harreß - Bodenschutz, Bd. 3 / 9006, Berlin, 1998

Bund-Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE (2000)

„Dioxin-Referenzmeßprogramm der Bund-Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE“, Entwurf v. November 2000

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1995)

Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 1 000 000 (BÜK 1000). - 1. Aufl., BGR, Hannover

Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten (1997)

Deutscher Waldbodenbericht 1996. - , Bd. 2, Bonn, 1997

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997)

Deutscher Waldbodenbericht 1996. - , Bd. 1, Bonn, 1997

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997)

Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald, Level II. - Erste Ergebnisse, Bonn, 1997

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997)

Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald, Level II. - Methodenleitfaden, Bonn, 1997

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1999)

Dauerbeobachtungsflächen zur forstlichen Umweltkontrolle (Level II) - Ergebnisse. - BML, Tagungsband, Bonn, 1999

Desaules, A (1998)

Zeitliche Veränderung von Schadstoffgehalten im Nationalen Bodenbeobachtungsnetz (NABO) der Schweiz. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 319-322

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie u. Umwelthygiene (1989)

Schwermetallgehalte in den Böden der Schweiz. - Nationales Forschungsprogramm Boden, Bericht 40, Liebefeld-Bern, 1989

Emmerich, K.-H., Lügger, K. (1998)

Beispiele für flächenbezogene Auswertung von Daten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 363-366

Frielinghaus, M. Müller, L., Bachinger, J. (1999)

Ermittlung von Handlungszielen als Grundlage für den vorsorgenden Bodenschutz. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 91 H. 1: S. 51-54

Gäth, S., Schug, B. (2000)

Regionalisierung der Filter- und Verlagerungseigenschaften von Böden gegenüber Schwermetallen am Beispiel des Cadmiums. -

Bodenschutz, 1/00: S. 6-10

Heinsberg, J., Müller, U., Stenitzer, E (1996)

Beschreibung des Wasserhaushaltsmodells HELP V 1.0, Wasserhaushalts- und Ertragsmodell SIMWASER. - Arbeitshefte Boden, Heft 1/1996, Hannover, 1996

Held, M., Kümmerer, K., Odendahl, K. (1998)

Internationale Bodenkonvention - Vorschlag für ein "Übereinkommen zum nachhaltigen Umgang mit Böden". - Tutzingener Projekt "Ökologie der Zeit", www.soil-convention.org, 1998

Hennig, A. (1995)

DELPHI - Ein Modell zur Langzeitprognose der Verlagerung von Stoffen in Böden. - Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Vol. 158: S. 191-195.

Hennings, V. (1994)

Methodendokumentation Bodenkunde. - Geologisches Jahrbuch, Reihe F, 31.

Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1998)

Böden im Wandel - Dauerbeobachtung von Böden in Hessen. - Geologie in Hessen, 2/1998, Wiesbaden, 1998

Horn, R. (1999)

Verdichtung von Böden - Überlegungen zum Prozeß und zur Prognose der mechanischen Belastbarkeit. - Wasser & Boden, 5/99: S. 9

Hornburg, V., Welp, G., Brümmer, G.W. (1995)

Verhalten von Schwermetallen in Böden. 2. Extraktion mobiler Schwermetalle mittels CaCl_2 und NH_4NO_3 . Zeitschrift Pflanzenernährung und Bodenkunde, Vol.158, S. 137 -145

Jahn, R. (1998)

BDF-Analytische Anforderungen für Fragen des vorsorgenden und akzidentiellen Bodenschutzes. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, bd. 87: S. 315-318

Joneck, M., Prinz, R. (1994)

Hintergrundbelastung bayerischer Böden mit organischen Problemstoffen. – Fachberichte, Bayer. Geol. Landesamt, Fachbericht 12, München, 1994

Jordan, F., Müller, Ch. (1998)

Oberflächenabfluß, Boden- und Nährstoffaustrag von ackerbaulich genutzten Flächen. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 375-378

Kiene, A. (1998)

Eintrag und Austrag von Cadmium in Böden und die Ableitung einer "zuverlässigen Zusatzbelastung" aus Sicht des Bodenschutzes. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 367-370

Kleefisch, B. (1998)

Ergänzung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) um Szenarioversuche. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 307-310

Krüger, S., Barth, N., Abo-Rady, M., Seifert, S. (1998)

Boden-Meßstationen in Sachsen: Erste Ergebnisse und Möglichkeiten zur Interpretation. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 327-330

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1992)

Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). - Bodenschutz, Karlsruhe, 1992

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1991)

Boden-Dauerbeobachtungsflächen. - Karlsruhe, 1991

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1993)

Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg. - Bodenschutz, Karlsruhe, 1993

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1997)

Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden - Nutzung neuer Sammel- und Nachweisverfahren. - Handbuch Boden, 5, Karlsruhe, 1997

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1999)

Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg - Untersuchungen ausgewählter organischer Schadstoffe und mikrobiologische Charakterisierung der Standorte. - Bodenschutz, Bd.1, Karlsruhe, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Umweltbundesamt (1999)

Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden. - Bodenschutz, Bd. 2, Karlsruhe/Berlin, 1999

Landesamt für Umweltschutz Saarland (Hrsg) (1999)

Boden-Dauerbeobachtungsflächen - Konzeption und Ergebnisse der Erstuntersuchung. - Schriftenreihe des Landesamtes für Umweltschutz, , Saarbrücken, 1999

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (1999)

Waldzustandsbericht Rheinland-Pfalz 1999 - Schadumfang, Entwicklung, Maßnahmen, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, Mainz, 1999

Müller, Ch. (1998)

10 Jahre Boden-Dauerbeobachtungsflächen - Zwischenbilanz und Ausblick. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 303-306

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1996)

Wald und Boden - Kooperation bei bodenkundlichen Aktivitäten in den Wäldern Niedersachsens

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.) (1997)

Das Bodendauerbeobachtungsprogramm von Niedersachsen - Methodik und Ergebnisse. - Arbeitshefte Boden, Heft 2/1997, Hannover, 1997

Prüß, A. (1992)

Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell öko-toxischer Spurenelemente in Böden. - 1. Aufl., Verlag U. Grauer, Wendlingen

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (1999)

Waldzustandsbericht 1999 - Freistaat Sachsen. - . Aufl., Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden

Scheibert, Ch., Steiner, P. (1998)

Bodendauerbeobachtung auf Standorten mit einer besonderen Belastungsspezifik in Thüringen. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 359-362

Schilling, B. (1998)

Bodendauerbeobachtung - Vergleichsergebnisse aus verschiedenen Beprobungsaktionen des Bayerischen Geologischen Landesamtes. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 87: S. 323-326

Schutze, G., Nagel, H.-D. (1997)

Berechnung kritischer Schwermetalleinträge in den Boden unter dem Aspekt der Vorsorge. - Bodenschutz, 1/97: S. 14-17

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1993)

Grundlagen zur Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen; Fränzle, O., et. al.. - UBA Texte, 59/93, Berlin

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1993)

Bodenuntersuchungen im Bereich des UBA-Meßnetzes als Bestandsaufnahme zur Beweissicherung von Umweltveränderungen. - UBA Texte, 60/93, Berlin

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1998)

Organisation und Methodik eines Bodenmonitorings. - UBA Texte, 21/98, Berlin

Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999)

Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden; Utermann, J., et.al.. - UBA Texte, 95/99, Berlin

Wagner, B., Funk, R., Maidl, F-X. (1997)

Validierung eines 2-Regionen-Modells zur Simulation des Stofftransportes im Boden anhand von Laborsäulen- und Feldversuchen. - Pflanzenernährung und Bodenkunde, 3/97: S. 309

Weller, M. (1998)

Boden-Dauerbeobachtung in Sachsen-Anhalt. - Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Bd. 87: S. 371-374

11 Anhang:

Anhang 1: Repräsentanzliste der Bodentypen in Deutschland der „Kieler Studie“

Anhang 2: Liste der 71 „repräsentativsten BDF“ („Kieler Studie“)

Anhang 3: BDF-Liste der Probeauswertung

Anhang 4: Umrechnung Cadmium-Totalgehalte in Königswasser
extrahierbare Cadmiumgehalte

Anhang K1: Karte der BDF – Lage und Typ

Anhang K2: Karte der BDF – Hauptnutzung

Anhang K3: Karte der BDF – Eintrag-/Austraguntersuchungen

Anhang K4: Karte der BDF – „repräsentativste BDF“ nach Kieler Studie

Anhang K5: Karte der BDF – Standorte für Probeauswertung

Anhang 1

Repräsentanzliste der Bodentypen in Deutschland der „Kieler Studie“:

Repräsentanzliste der Bodentypen in Deutschland ("Kieler Studie")

Nr		BÜK	Ökohl	Nut- zung	Kombination
1	42	104	4		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss in der Hessischen Senke auf
2	42	104	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss in der Hessischen Senke auf
3	42	37	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss im Rheinland auf Acker
4	42	37	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss im Rheinland auf Acker (2x)
5	42	29	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss im Donautal auf Acker
6	42	215	6		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss im Hunsrück/Taunus/Westerwald auf Laubwald
7	42	28	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss in der Niederlausitz auf Acker
8	42	100	5		Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley aus Löss auf der Schwäbischen Alb auf
9	61	220	7		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in der Pfalz auf Nadelwald
10	61	220	6		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in der Pfalz auf Laubwald
11	61	105	5		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in den Kasseler/Göttinger Bergen auf Acker
12	61	104	4		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in der Hessischen Senke auf Grünland
13	61	98	4		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in der Hocheifel/Vogelsberg auf Grünland
14	61	207	7		Podsolige Braunerde aus quarzitischen Sandsteinen u. Konglomeraten in der Frankenhöhe auf Nadelwald
15	59	215	6		Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton- und Schluffschiefem im Hunsrück/Taunus auf Laubwald
16	59	215	7		Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton- und Schluffschiefem im Hunsrück/Taunus auf Nadelwald
17	59	214	6		Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton- und Schluffschiefem in der Eifel/nördl. Taunus auf Laubwald

Nr	BÜK	Ökohl	Nut- zung	Kombination
18	59	106	4	Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton- und Schluffschiefen im Sauer-/Siegerland auf Grünland
19	59	29	7	Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton- und Schluffschiefen im Donautal/Thüringer Wald auf Nadelwald
20	31	35	5	Braunerde/Podsol aus lockeren, nährstoffarmen Sanden in der Geest/Lüneburger Heide auf Acker
21	31	35	4	Braunerde/Podsol aus lockeren, nährstoffarmen Sanden in der Geest/Lüneburger Heide auf Grünland
22	31	45	7	Braunerde/Podsol aus lockeren, nährstoffarmen Sanden in Brandenburg auf Nadelwald
23	31	45	4	Braunerde/Podsol aus lockeren, nährstoffarmen Sanden in Brandenburg auf Grünland
24	17	35	5	Podsol/Braunerde-Podsol/Gley-Podsol aus sandigen Flußablagerungen in der Geest/Lüneburger Heide auf Acker
25	17	77	4	Podsol/Braunerde-Podsol/Gley-Podsol aus sandigen Flußablagerungen im Münsterland auf Grünland
26	17	136	4	Podsol/Braunerde-Podsol/Gley-Podsol aus sandigen Flußablagerungen im Osnabrücker Land auf Grünland
27	17	45	7	Podsol/Braunerde-Podsol/Gley-Podsol aus sandigen Flußablagerungen in Brandenburg auf Nadelwald
28	49	409	5	Rendzina/Pararendzina aus Hangschutt über Kalk-/Dolomitsteinen im Wechsel mit Terra fusca aus der Kalksteinverwitterung in der Fränkischen Alb
29	49	100	5	Rendzina/Pararendzina aus Hangschutt über Kalk-/Dolomitsteinen im Wechsel mit Terra fusca aus der Kalksteinverwitterung auf der Schwäbischen Alb/Fränkische Schweiz auf Acker
30	49	104	4	Rendzina/Pararendzina aus Hangschutt über Kalk-/Dolomitsteinen im Wechsel mit Terra fusca aus der Kalksteinverwitterung in der Hessischen Senke auf
31	49	121	4	Rendzina/Pararendzina aus Hangschutt über Kalk-/Dolomitsteinen im Wechsel mit Terra fusca aus der Kalksteinverwitterung auf der Schwäbischen Alb auf
32	19	20	5	Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebelehm in Meckl.-Vorp. auf Acker (2x !)

Nr	BÜK	Ökohl	Nut- zung	Kombination
33	19	20	5	Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebelehm in Meckl.-Vorp. auf Acker
34	19	20	4	Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebelehm in Meckl.-Vorp. auf Grünland
35	19	39	5	Parabraunerde/Fahlerde/Pseudogley-Parabraunerde aus Geschiebelehm in Ostholstein auf Acker
36	6	20	5	Niedermoorboden in Mecklenburg-Vorpommern auf Acker
37	6	35	4	Niedermoorboden in der Geest/Lüneburger Heide auf Grünland
38	6	45	4	Niedermoorboden in Brandenburg auf Grünland
39	51	206	4	Pelosol-Braunerde/Pelosol-Pseudogley aus Verwitterungsprodukten von Ton- und Mergelstein im Taubergrund/Hohenloher Senke/Bauland auf Grünland
40	51	100	5	Pelosol-Braunerde/Pelosol-Pseudogley aus Verwitterungsprodukten von Ton- und Mergelstein auf der Schwäbischen Alb/Fränkische Schweiz auf Acker
41	51	108	5	Pelosol-Braunerde/Pelosol-Pseudogley aus Verwitterungsprodukten von Ton- und Mergelstein im Steigenwald auf Acker
42	55	29	5	Braunerde aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen im Donautal/Erzgebirge auf Acker
43	55	252	7	Braunerde aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen im Schwarzwald/Böhmerwald auf Nadelwald
44	55	253	7	Braunerde aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen im nördl. Schwarzwald/Bayerischer Wald auf Nadelwald
45	8	45	5	Auenboden/Gley aus lehmigen-tonigen Auensedimenten in Brandenburg auf
46	8	37	5	Auenboden/Gley aus lehmigen-tonigen Auensedimenten im Rheinland auf
47	8	76	5	Auenboden/Gley aus lehmigen-tonigen Auensedimenten im Hessischen Ried auf Acker
48	26	45	5	Fahlerde/Bänder-Parabraunerde/Braunerde aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm in Brandenburg auf Acker

Nr	BÜK	Ökkl	Nut- zung	Kombination
49	26	45	4	Fahlerde/Bänder-Parabraunerde/Braunerde aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm in Brandenburg auf Grünland
50	50	121	4	Braunerde/Terra fusca aus Kalksteinverwitterung mit Rendzina in der Schwäbischen Alb auf Grünland
51	50	100	5	Braunerde/Terra fusca aus Kalksteinverwitterung mit Rendzina in der Schwäbischen Alb/Fränkischen Schweiz auf Acker
52	18	29	5	Braunerde/Parabraunerde/Pararendzina aus lößvermischten Tertiärlagerungen im Donautal/Erzgebirge auf Acker
53	18	29	4	Braunerde/Parabraunerde/Pararendzina aus lößvermischten Tertiärlagerungen im Donautal/Erzgebirge auf Grünland
54	12	45	4	Gley der sandigen Urstromtäler und Niederungen in Brandenburg auf Grünland
55	12	93	4	Gley der sandigen Urstromtäler und Niederungen in der Altmark/Havelland auf Grünland
56	28	35	5	Podsolierte Pseudogley-Braunerde/Pseudogley-Fahlerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm in der Geest/Lüneburger Heide auf Acker
57	28	35	4	Podsolierte Pseudogley-Braunerde/Pseudogley-Fahlerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm in der Geest/Lüneburger Heide auf Grünland
58	11	29	5	Auenboden/Gley aus sandigen bis lehmigen Flusssedimenten im Donautal auf
59	11	76	5	Auenboden/Gley aus sandigen bis lehmigen Flusssedimenten im Rheintal auf
60	63	100	5	Braunerde-Podsol/Podsol aus basenarmen Sandsteinen und Quarziten in der Schwäbischen Alb/Fränkischen Schweiz auf Acker
61	63	408	5	Braunerde-Podsol/Podsol aus basenarmen Sandsteinen und Quarziten im Bayerischen Wald auf Acker
62	33	35	7	Eisenhumus-Podsol/Podsol-Regosol aus trockenen, nährstoffarmen Sanden in der Geest/Lüneburger Heide auf Nadelwald
63	33	35	5	Eisenhumus-Podsol/Podsol-Regosol aus trockenen, nährstoffarmen Sanden in der Geest/Lüneburger Heide auf Acker

Nr	BÜK	Ökocl	Nut- zung	Kombination
64	21	125	4	Braunerde/Parabraunerde/Pararendzina aus lehmig-sandigen Moränenablagerungen in den Voralpen auf Grünland
65	21	249	4	Braunerde/Parabraunerde/Pararendzina aus lehmig-sandigen Moränenablagerungen im Isar-/Lech-/Ampertal auf Grünland
66	60	106	7	Podsol-Braunerde aus Schiefer, Grauwacken und Phyllit im Sauer-/Siegerland auf Nadelwald
67	60	104	6	Podsol-Braunerde aus Schiefer, Grauwacken und Phyllit in der Hessischen Senke auf Laubwald
68	40	109	5	Tschernosem-Parabraunerde aus Löss im Kraichgau/Moseltal auf Acker
69	40	28	5	Tschernosem-Parabraunerde aus Löss in der Niederlausitz/Altmühltal auf Acker
70	52	104	6	Braunerde aus Mergelsteinen und kalkhaltigen Schottern in der Hessischen Senke auf Laubwald
71	52	125	7	Braunerde aus Mergelsteinen und kalkhaltigen Schottern in den Voralpen auf Nadelwald
72	32	20	7	Braunerde/Bänder-Parabraunerde aus nährstoffreichen Sanden in Meckl. - Vorpommern auf Nadelwald
73	46	95	5	Parabraunerde/Fahlerde/Braunerde aus Sandlöss im Niederen Fläming auf
74	27	20	5	Pararendzina/Regosol/Bänder-Parabraunerde aus wechselgelagerten Sanden und Lehmen der Endmoränen in Meckl.-Vorp. auf Acker
75	7	32	4	Hochmoorboden aus dem Oldenburger Land/Elbstromtal auf Grünland
76	57	29	7	Podsol-Braunerde aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen im Erzgebirge/Donautal auf Nadelwald
77	48	28	5	Pseudogley/Braunerde/Parabraunerde aus Löss in der Niederlausitz/Altmühltal auf Acker
78	70	37	1	Versiegelte Flächen im Rheinland auf Siedlung
79	58	220	6	Braunerde/Podsol-Braunerde aus Ton-Schluffsteinen in der Pfalz/Würzburger Raum auf Laubwald
80	16	76	7	Podsol-Braunerden aus sandigen Terrassenablagerungen im Rheintal auf

Nr	BÜK	Ökoid	Nut- zung	Kombination
81	10	136	4	Auenboden/Gley aus sandigen bis lehmigen Flußsedimenten im Osnabrücker Land auf Grünland
82	36	94	5	Tschernosem der mitteldeutschen Trockengebiete aus Löss in der Magdeburger Börde und Hohem Fläming auf Acker
83	66	61	4	Rendzina/Parabraunerde/Ranker/Parabraunerde aus Kalk-/Mergelgesteinen wechselgelagert mit Ton-Sandsteinen im Hegau/Breisgau auf Grünland
84	53	104	6	Braunerde aus basisch bis intermediären magmatischen Gesteinen in der Hessischen Senke auf Laubwald
85	22	35	5	Pseudogley aus Geschiebesand über Geschiebelehm in der Geest/Lüneburger Heide auf Acker
86	23	20	5	Pseudogley aus lehmig-sandigem Geschiebemergel in Meckl.-Vorp.
87	30	29	4	Braunerde/Pseudogley aus kalkhaltigen, grobkörnigen Endmoränenablagerungen aus dem Donautal/Erzgebirge auf Grünland
88	14	249	7	Parabraunerde aus schluffig-lehmigen Deckschichten auf eiszeitlichen Schotterplatten im Inntal auf Nadelwald
89	4	33	4	Kleimarsch aus brackigen Ablagerungen im Marschland Nord- und Ostfrieslands auf Grünland

Liste der 71 „repräsentativsten BDF“ („Kieler Studie“): **Anhang 2**

Anhang 2: Rangliste der repräsentativsten BDF aus Kieler Studie (Stand 1997) mit aktualisierten Daten (Stand 07/2000)

Nr	Code_Nr	Code_BDF	BdI_BDF_Nr	BDF_typ	Nutzung	Bodentyp_Ka4	Bük- Leg.	Ökoki.	Ein/ Aus	Region
1	502	HS028	024	MST	A	LLn	42	104	0	Hessische Senke
2	529	SS006	1406	Level II	F	SSn	42	28	2	Niederlausitz, Altmühltal
3	128	HS027	008	Basis	F	p3BBn	61	220	8	Pfalz, Würzburg
4	48	RP011	319/C/303	Level II	F	BB-PP	61	220	2	Pfalz, Würzburg
5	498	HS030	020	MST	A	RZn	61	220	0	Pfalz, Würzburg
6	44	RP016	339/C/405	Level II	F	p2BBn	61	220	2	Pfalz, Würzburg
7	509	HS040	031	MST	A	LL-SH	61	104	0	Hessische Senke
8	501	HS023	023	Intensiv	F	SS-LL	61	98	3	Hocheifel, Westerwald, Vogelsberg, Spessart
9	500	HS022	022	Basis	F	p3sBB	61	98	0	Hocheifel, Westerwald, Vogelsberg, Spessart
10	352	TH010	Obe2	Basis	G	SSn	59	29	9	Donautal, Thüringen/Sachsen
11	351	TH009	Obe1	Basis	G	BBn	59	29	9	Donautal, Thüringen/Sachsen
12	525	SS002	1402	Level II	F	p3BBn	59	29	2	Donautal, Thüringen/Sachsen
13	228	SH031	SH031	Basis	S	YO-BB	31	35	0	Geest, Lüneburger Heide
14	163	SH011	SH011	Basis	G	SSn	31	35	0	Geest, Lüneburger Heide
15	225	SH028	SH028	Basis	G	SS	17	35	0	Geest, Lüneburger Heide
16	487	BB035	Bb029	Basis	A	LL-SS	17	45	0	Brandenburg
17	461	BB022	Bb016	Basis	A	GGa	17	45	0	Brandenburg
18	481	BB029	Bb023	Basis	A	GGh	17	48	0	Hochlagen der Mittelgebirge
19	355	BY022	BayGLA-022	Basis	O	CF-RN	49	409	0	Fränkische Alb
20	266	BW088	7426.01	Basis	F	CF-B	49	100	0	Schwäbische Alb, Frankenhöhe, Fränk. Schweiz
21	187	BW101	7521.11	Basis	A	BBn	49	121	0	Schwäbische Alb
22	185	BW099	7521.09	Basis	G	CF-B	49	121	0	Schwäbische Alb
23	186	BW100	7521.10	Basis	G	BBn	49	121	0	Schwäbische Alb
24	469	MV005	M-V18 Abtrag	Basis	A	LL-BB	19	20	0	Mecklenburg-Vorpommern
25	468	MV006	M-V18 Auftrag	Basis	A	YKn	19	20	0	Mecklenburg-Vorpommern
26	247	SH015	SH015	Basis	A	YK/SS	19	39	0	Ostholstein

Nr	Code_Nr	Code_BDF	BdI_BDF_Nr	BDF_typ	Nutzung	Bodentyp_Ka4	Bük-Leg.	Ökoki.	Ein/ Aus	Region
27	315	SH017	SH017	Basis	A	SS-LL	19	39	0	Ostholstein
28	353	SH018	SH018	Basis	A	LLn	19	39	0	Ostholstein
29	295	SH016	SH016	Basis	A	SS-LL	19	39	0	Ostholstein
30	337	NS024	Nds015Fe	Basis	F	GM	6	35	5	Geest, Lüneburger Heide
31	327	NS048	Nds036Le	Basis	A	p3BBn	6	35	5	Geest, Lüneburger Heide
32	484	BB032	Bb026	Basis	G	HNn	6	45	0	Brandenburg
33	422	BB015	Bb009	Basis	A	LL-SH	6	45	0	Brandenburg
34	280	BW034	6926.01	Basis	F	BB-DD	51	206	0	Bauland, Hohenloher Ebene, Taubergrund
35	302	BY062	BayLWF-009	Basis_LWF	F	k_A	51	108	k_A	Haßberge, Steigerwald
36	301	BY063	BayLWF-010	Basis_LWF	F	k_A	51	108	k_A	Haßberge, Steigerwald
37	445	SS017	SN043	Intensiv	A	BB-SS	55	29	2	Donautal, Thüringen/Sachsen
38	78	BW111	7816.01	Basis	F	p(g)BB	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
39	52	BW131	8013.02	Basis	G	BBn	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
40	50	BW132	8013.03	Basis	G	BB	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
41	60	BW142	8214.02	Basis	F	pBB	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
42	58	BW141	8214.01	Basis	F	BB-PP	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
43	74	BW103	7715.01	Basis	F	BBn	55	252	0	Schwarzwald, Böhmerwald
44	71	BW080	7415.01	Basis	F	PPn	55	253	0	Nördlicher Schwarzwald, südlicher Bayer. Wald
45	460	BB024	Bb018	Basis	A	GGa	8	45	0	Brandenburg
46	84	HS005	003	Basis	G	AB	8	76	0	Rheintal, Steinhuder Meer
47	480	BB028	Bb022	Basis	A	p3BBn	26	45	0	Brandenburg
48	141	BW113	7819.01	Basis	G	CFn	50	121	0	Schwäbische Alb
49	131	BW108	7719.01	Basis	G	RRn	50	29	0	Donautal, Thüringen/Sachsen
50	442	BY086	BayLWF-033	Basis_LWF	F	k_A	18	45	k_A	Brandenburg
51	451	BB019	Bb013	Basis	A	GG-BB	12	45	0	Brandenburg
52	486	BB034	Bb028	Basis	G	GGh	12	35	0	Geest, Lüneburger Heide
53	105	NS032	Nds019Le	Basis	A	SS-BB	28	35	9	Geest, Lüneburger Heide

Nr	Code_Nr	Code_BDF	BdI_BDF_Nr	BDF_typ	Nutzung	Bodentyp_Ka4	Bük-Leg.	Ökoki.	Ein/Aus	Region
54	232	NS027	Nds016Le	Basis	A	BB-PP	33	35	5	Geest, Lüneburger Heide
55	238	NS019	Nds012Fe	Basis	F	pBB	33	35	5	Geest, Lüneburger Heide
56	284	NS004	Nds003Fe	Intensiv	F	PP-BB	33	35	2	Geest, Lüneburger Heide
57	151	NS001	Nds001Fe	Basis	F	PPn	33	35	5	Geest, Lüneburger Heide
58	430	BY047	BayGLA-047	Basis	F	HHn	21	125	0	Voralpen, Molassebecken
59	145	BW025	6819.01	Basis	F	LLn	40	109	0	Kraichgau, Moseltal
60	118	BW024	6818.01	Basis	A	RZn	40	125	0	Voralpen, Molassebecken
61	332	BY091	BayLWF-038	Basis_LWF	F	k_A	52	37	k_A	Rheinland
62	7	NRW001	2.02_DUI BI	Basis	NP	GG-BB	70	76	0	Rheintal, Steinhuder Meer
63	94	HS009	001	Intensiv	F	pGG-BB	16	94	3	Hoher Fläming
64	383	SA006	ST009	Basis	F	BB-PP	36	94	9	Hoher Fläming
65	380	SA011	ST030	Basis	A	TTn	36	94	4	Hoher Fläming
66	388	SA013	ST034	Basis	A	TTn	36	220	4	Pfalz, Würzburg
67	53	RP012	323/C/211	Level II	F	BBn	56	35	2	Geest, Lüneburger Heide
68	319	NS005	Nds003Le	Basis	A	SS-BB	22	20	5	Mecklenburg-Vorpommern
69	435	MV004	M-V17	Basis	G	HNn	23	20	9	Mecklenburg-Vorpommern
70	254	BW126	7925.01	Basis	F	LL-SS	30	29	0	Donautal, Thüringen/Sachsen
71	259	BW127	7925.02	Basis	F	SS-LL	30	29	0	Donautal, Thüringen/Sachsen

BDF-Liste der Probeauswertung: **Anhang 3**

BDF-Liste zur Cd-Probeauswertung

Lfd-Nr	CODE_BDF	BDL_BDF_NR	BDL	BDF_Typ	Nutzung	SUBSTRAT*	BODENTYP (KA4)
448	BB007	Bb001	BB	Basis	A	S	GG-BB
447	BB008	Bb002	BB	Basis	A	S	p3BBn
453	BB009	Bb003	BB	Basis	A	S ueb. Ls4	LLn
452	BB010	Bb004	BB	Basis	A	Ls4 ueb. Ls3	LLn
457	BB011	Bb005	BB	Basis	A	Sl4 ueb. Slu	RZn
456	BB012	Bb006	BB	Basis	A	Sl3 ueb. Sl4	YKn
454	BB013	Bb007	BB	Basis	A	S	GG-BB
455	BB014	Bb008	BB	Basis	G	Lt3 ueb. Ltu	GGa
422	BB015	Bb009	BB	Basis	A	Sl - L	LL-SH
419	BB016	Bb010	BB	Basis	A	Sl4	YKn
459	BB017	Bb011	BB	Basis	A	Sl2 ueb. S	LLd
441	BB018	Bb012	BB	Basis	A	Sl2 ueb. S	BBn
451	BB019	Bb013	BB	Basis	A	S	GG-BB
404	BB020	Bb014	BB	Basis	A	Sl2 ueb. S	PP-BB
409	BB021	Bb015	BB	Basis	G	T ueb. S	??HNs
461	BB022	Bb016	BB	Basis	A	Lt3 ueb. F	GGa
458	BB023	Bb017	BB	Basis	G	Hn ueb. S	HNn
460	BB024	Bb018	BB	Basis	A	Lt2 ueb. Ltu	GGa
420	BB025	Bb019	BB	Basis	A	S ueb. Ls3	LLn
449	BB026	Bb020	BB	Basis	A	S ueb. Ls2	LLn
479	BB027	Bb021	BB	Basis	G	Hn ueb. F	HNc
480	BB028	Bb022	BB	Basis	A	S	p3BBn
481	BB029	Bb023	BB	Basis	A	S	GGh
482	BB030	Bb024	BB	Basis	A	S ueb. Su3	pLLd
483	BB031	Bb025	BB	Basis	A	S	LL-BB
484	BB032	Bb026	BB	Basis	G	Hn	HNn
485	BB033	Bb027	BB	Basis	G	S	GGh
486	BB034	Bb028	BB	Basis	G	Sl2 ueb. S	GGh
487	BB035	Bb029	BB	Basis	A	Sl2 ueb. Ls4	LL-SS
488	BB036	Bb030	BB	Basis	A	Ls3 ueb. S	AB-GGa
176	BW003	6421.01	BW	Basis	F	(7+)9+	BBn
236	BW008	6524.02	BW	Basis	A	(9.)9''+(9'+)	?RZ-CFhk
88	BW009	6616.01	BW	Basis	A	2.(1:)	ABk
207	BW014	6623.01	BW	Basis	A	6(7)[9]	SSn
257	BW015	6626.01	BW	Basis	F	(5)67(9)	LL-SS
107	BW023	6817.01	BW	Basis	A	0.1.	BBn
118	BW024	6818.01	BW	Basis	A	5	RZn
145	BW025	6819.01	BW	Basis	F	5 6(9'')	LLn
213	BW026	6823.01	BW	Basis	G	(6''+)1''+st	SSn
115	BW030	6918.01	BW	Basis	F	(5)7(6)[4]	LLn
280	BW034	6926.01	BW	Basis	F	(3.)9(9.)	BB-DD
293	BW050	7127.01	BW	Basis	F	(5 6')9' 9''	BB-CF
292	BW051	7127.02	BW	Basis	F	(2.)1''3''	pBB
96	BW053	7217.01	BW	Basis	F	8''	pBB
116	BW055	7218.01	BW	Basis	F	(2')3''(8''++)	BB-SS
167	BW058	7221.02	BW	Basis	A	5 6	LL-SS
198	BW077	7322.01	BW	Basis	A	5 7(6)[5]	LLn
43	BW079	7412.01	BW	Basis	A	6. 5. 5(9)[8.]	GG-SS-AB
266	BW088	7426.01	BW	Basis	F	(5 6)9[k]	CF-B
185	BW099	7521.09	BW	Basis	G	(6.)7.(9)[9'' Y9]	CF-B
74	BW103	7715.01	BW	Basis	F	1.'6:''(G++6)	BBn

86	BW104	7716.01	BW	Basis	F	(7)9(9')	DD-SS
78	BW111	7816.01	BW	Basis	F	(2.+2."++[Y.'2]	p(g)BB
119	BW112	7818.01	BW	Basis	A	"6.'" Y.7"	RRn
195	BW117	7822.04	BW	Basis	A	(6.)5.7.[8:]	LL-SS
46	BW119	7913.01	BW	Basis	A	(3.)3: (1:)	AB
64	BW121	7914.01	BW	Basis	A	(2:)5:2:'(5:')	BBn
108	BW123	7917.01	BW	Basis	F	9(9')	SS-DD
263	BW128	7926.01	BW	Basis	F	6	BBn
51	BW130	8013.01	BW	Basis	F	(3.)3:"	pBB
52	BW131	8013.02	BW	Basis	G	3.6."(X.6)	BBn
220	BW134	8023.01	BW	Basis	G	(2.)6: 7.+(8:)	LLn
230	BW138	8124.01	BW	Basis	F	(5 7)7[4]	LLn
34	BW139	8211.01	BW	Basis	F	5 7[5 7.]	LLn
215	BW153	8323.02	BW	Basis	A	6. G2+(G0+)	AB
298	NS002	Nds001Le	NI	Basis	A	Ut	LLn
319	NS005	Nds003Le	NI	Basis	A	SI//S//Ls	SS-BB
246	NS008	Nds005Le	NI	Basis	A	Ut	LL-TT
341	NS010	Nds006Le	NI	Basis	A	SI/Ls//Tu	SSn
264	NS013	Nds008Le	NI	Basis	A	Tu	DDn
316	NS015	Nds009Le	NI	Basis	A	Ut	SS-TT
205	NS018	Nds011Le	NI	Basis	G	Tu3	RRn
159	NS020	Nds012Le	NI	Intensiv	A	Ut	SSn
146	NS023	Nds014Le	NI	Basis	A	Ut	MHn
311	NS025	Nds015Le	NI	Basis	G	Tu=SI	MNf
232	NS027	Nds016Le	NI	Basis	A	SI//S	BB-PP
318	NS029	Nds017Le	NI	Basis	A	SI=S	PP-BB
147	NS031	Nds018Le	NI	Basis	G	Hh	HHn
105	NS032	Nds019Le	NI	Basis	A	Su/SI	SS-BB
25	NS034	Nds020Le	NI	Basis	G	Tu//Hn	MK
72	NS036	Nds022Le	NI	Basis	A	Lsu	BBn
70	NS037	Nds023Le	NI	Basis	G	Tu3	MKn
23	NS038	Nds024Le	NI	Basis	A	Hh&Su	HH-YU
62	NS039	Nds025Le	NI	Basis	A	fSms//fS	GG-PP
42	NS040	Nds028Le	NI	Basis	G	SI3	YE\SS
130	NS041	Nds029Le	NI	Basis	G	Hn	HNn
214	NS042	Nds030Le	NI	Basis	G	Hh	HHn
223	NS043	Nds031Le	NI	Basis	A	Slu/Tu	GGn
55	NS044	Nds032Le	NI	Intensiv	A	fS	g3PP
73	NS045	Nds033Le	NI	Intensiv	A	fSms//Su	GG-PP
95	NS046	Nds034Le	NI	Basis	G	Tu3	MKn
126	NS047	Nds035Le	NI	Intensiv	BA	fSms=SI	SS-YE
327	NS048	Nds036Le	NI	Basis	A	SI//mSfs	p3BBn
28	NS049	Nds038Le	NI	Basis	BG	fSms	GGn
793	NS050	Nds002Le	NI	Basis	A	Ut2//Tu4=Kstc	TT-LL
794	NS051	Nds004Le	NI	Basis	A	Ut	LLn
795	NS052	Nds007Le	NI	Basis	A	Ut2-SI2-Ls3	YK//SS-LL
796	NS053	Nds010Le	NI	Basis	A	SI2//SI4	SS-PP
797	NS054	Nds013Le	NI	Basis	A	Lsu//Tstc	BBn
798	NS055	Nds021Le	NI	Basis	A	fSms=fSu2	PPn
799	NS056	Nds026Le	NI	Basis	A	fSms	PP-GG
800	NS057	Nds027Le	NI	Basis	A	Us	LLn
801	NS058	Nds037Le	NI	Intensiv	A	Ut=Tu	GG-AB
802	NS059	Nds039Le	NI	Basis	A	mSfs	PP-BB
803	NS060	Nds040Le	NI	Basis	BG	(Lsu\Gt)	PP-BB

804	NS061	Nds041Le	NI	Basis	G	Lu/Kstc	RRn
805	NS062	Nds042Le	NI	Basis	BA	mSfs	p3GGn
806	NS063	Nds043Le	NI	Basis	A	Ut3/Ut4	SS-LL
807	NS064	Nds044Le	NI	Basis	G	Tu4//Tu3	GG-AB
808	NS065	Nds045Le	NI	Basis	A	Sl//Ls	SS-BB
809	NS066	Nds046Le	NI	Basis	A	Tu3//mSgs	GG-SS
810	NS067	Nds047Le	NI	Basis	A	Ut	LLn
811	NS068	Nds048Le	NI	Basis	G	Ut/Tu=mSfs	GG-AB
812	NS069	Nds049Le	NI	Intensiv	A	mSfs	p3BBn
813	NS070	Nds050Le	NI	Basis	A	fSms=Sl	SS-BB
814	NS071	Nds051Le	NI	Intensiv	A	Tu	DDn
815	NS072	Nds052Le	NI	Basis	A	Us//Sl2=Sl4	SS-LLd
816	NS073	Nds053Le	NI	Basis	A	Hn-Fm-mSfs	HNn
817	NS074	Nds054Le	NI	Basis	NP	Ul3	YY-BB
818	NS075	Nds055Le	NI	Basis	A	fSms	p3-gYU
819	NS076	Nds056Le	NI	Basis	SS	fSms	p3-gYU
820	NS077	Nds057Le	NI	Basis	A	fSu2/mSfs=fSms	BB-PP
821	NS078	Nds058Le	NI	Basis	A	Ut3_Sl3	SS-BB
822	NS079	Nds059Le	NI	Basis	A	Ls3//Lts=Lt3	BBn
823	NS081	Nds061Le	NI	Basis	G	Ut4=Tu4	GG-AB
470	SS007	SN002	SN	Basis	A	fo-l//fo-u	AB
471	SS008	SN009	SN	Basis	A	a-oes//f-s	LLn
472	SS009	SN012	SN	Intensiv	BA	oj-ls(qt)	OL-RQ
473	SS010	SN017	SN	Intensiv	A	a-oes/fg-s	LL-BB
474	SS011	SN019	SN	Basis	A	a-oe//fg-(k)s	BB-LL
475	SS012	SN022	SN	Basis	A	a-oe//a-oes	BB-TT
444	SS014	SN025	SN	Basis	A	p-oe//a-oe	SS-LL
443	SS015	SN035	SN	Basis	A	p-(z)oe/cc- zl(csa,*Gn)	SSn
477	SS016	SN039	SN	Basis	A	p-zoe/c-n(+Ne)	SSn
445	SS017	SN043	SN	Intensiv	A	p-(z)oe/c-n(*Gn)	BB-SS
478	SS018	SN050	SN	Basis	A	p-zu/c-uz(*Ph)	BB-SS
730	SS019	7	SN	Basis	A	f-u	GG-AB
731	SS020	18	SN	Basis	A	p-sö	LLn
732	SS021	21	SN	Basis	A	p-(n)l(^tsf)	BBn
733	SS022	26	SN	Basis	A	p-(z)ö/c-z(+Sy)	SSn
734	SS023	28	SN	Basis	A	p-(z)ö/p-lz(+R)	SSn
735	SS024	29	SN	Basis	A	a-ö	SSn
736	SS025	33	SN	Intensiv	GW	fo-s//ff-ks	AB-GG
737	SS026	34	SN	Basis	A	p-(z)ö/p-kt(^c)	SSn
738	SS027	36	SN	Basis	A	p-(z)ö/c-sz(*Gn)	BBn
739	SS028	41	SN	Basis	A	p-ö	LL-SS
740	SS029	42	SN	Basis	A	p-ö/p-zl(^g)	SSn
741	SS030	44	SN	Basis	A	f-u	GG-AB
742	SS031	45	SN	Basis	A	p-(k)l(^c)	SSn
743	SS032	47	SN	Basis	A	p-(n)l(*Gl)	PP-BB
744	SS033	48	SN	Basis	A	p-(z)l(*Gnm)	BB-PP
745	SS034	49	SN	Basis	A	p-(n)l/p-sn(+R)	BB-PP
746	SS035	51	SN	Basis	A	p-(n)l/p-ln(+G)	BB-PP
747	SS036	52	SN	Basis	A	p-(z)l/p-nl(+D)	PP-BB
748	SS037	53	SN	Basis	A	p-(z)l/p-zs(*Gnm)	BB-PP
749	SS038	54	SN	Basis	A	p-(z)l/p-zs(*Gn)	BB-PP
750	SS039	56	SN	Basis	A	p-(z)l/p-lz(*Ph)	PP-BB

Anhang 4

Umrechnung Cadmium-Totalgehalte in Königswasser extrahierbare
Cadmiumgehalte

Anhang 5: Umrechnung Totalgehalte auf KW-extrahierbare Gehalte

BDL_BDF_ NR	Horizon t	BAG	Cd- Totalauf schluss	Cd-(KW) Substrat- übergreifend	Cd-(KW) nach BAG
7	Ap	AUE	0,50	0,35	Keine Regressions- Gleichung verfügbar
7	rGro3-aM	AUE	0,62	0,45	
18	Ap	SLO	0,26	0,16	0,18
18	Sw-Al	SLO	0,11	0,06	0,04
21	Ap	TST	0,40	0,27	0,26
21	Bv-Sw	TST	0,13	0,07	0,06
26	Ap	BMM	0,24	0,14	0,10
26	Sw2	BMM	0,28	0,17	0,12
28	Ap	SMM	0,24	0,14	0,17
28	Sw2	SMM	0,10	0,05	0,07
29	Ap	LÖS	0,54	0,38	0,33
29	Sw1	LÖS	0,18	0,1	0,09
33	aAh	AUE	11,6	11,6 ¹⁾	Keine Regressions- Gleichung verfügbar
33	aM	AUE	14,1	14,1 ¹⁾	
33	II aM	AUE	14,5	14,5 ¹⁾	
34	Ap	SST	0,31	0,19	0,18
34	Sw3	SST	0,05	0,02	0,02
36	Ap	SMM	0,80	0,62	0,64
36	Sw2-Bv	SMM	0,25	0,15	0,18
41	Ap	LÖS	0,39	0,26	0,22
41	Sew	LÖS	0,13	0,07	0,06
42	Ap	SST	0,38	0,25	0,24
42	Sew	SST	0,12	0,06	0,06
42	Sw	SST	0,10	0,05	0,05
44	rGo2-Ap	AUE	1,59	1,43	Keine Regressions- Gleichung verfügbar
44	rGo4-aM	AUE	1,00	0,81	
45	Ap	SST	0,58	0,42	0,40
45	Sw	SST	0,18	0,1	0,09
47	Ap	BMM	0,67	0,5	0,42
47	Bvs	BMM	0,14	0,07	0,05
48	Ap	SMM	0,59	0,43	0,46
48	Bvs	SMM	0,14	0,07	0,10
48	II Bsv	SMM	0,14	0,07	0,10
49	Bsv-Cv	SMM	0,05	0,02	0,35
49	Bvs	SMM	0,22	0,13	0,16
49	rAp	SMM	0,46	0,32	0,03
51	Ap+rAp	SMM	0,39	0,26	0,29
51	Bhs	SMM	0,22	0,13	0,16
51	Bsv	SMM	0,23	0,14	0,17
52	Ap	BMM	0,69	0,52	0,44
52	Bv	BMM	0,48	0,33	0,26

BDL_BDF_ NR	Horizon t	BAG	Cd- Totalauf- schluss	Cd-(KW) Substrat- übergreifend	Cd-(KW) nach BAG
53	Ap	SMM	0,45	0,31	0,34
53	Bvs	SMM	0,21	0,12	0,15
54	Ap	SMM	0,6	0,44	0,47
54	Bsv	SMM	0,18	0,1	0,21
54	Bvs	SMM	0,28	0,17	0,13
56	Ae	SMM	0,05	0,02	0,13
56	Ap	SMM	0,18	0,1	0,03
SN002	Ap	AUE	0,69	0,52	Keine Regressions- Gleichung verfügbar
SN002	Bv-aM	AUE	0,51	0,36	
SN009	Ap	SLÖ	0,22	0,13	
SN009	Bt+Al	SLÖ	0,20	0,11	0,14
SN009	Bv-Al	SLÖ	0,23	0,14	0,11
SN012	Ap1	GLM	-	-	-
SN012	Ap2	GLM	-	-	-
SN012	jICv1	GLM	-	-	-
SN017	Ahl-Bv	SAN	0,62	0,45	0,48
SN017	Ap	SAN	0,54	0,38	0,58
SN019	Ap	LÖS	0,57	0,41	0,35
SN019	Bv-Al	LÖS	0,42	0,28	0,24
SN022	Ap	LÖS	0,36	0,23	0,20
SN022	Bv-Axh	LÖS	0,25	0,15	0,13
SN025	Ap	LÖS	0,31	0,19	0,17
SN025	Sw-Ahl	LÖS	0,20	0,11	0,10
SN035	Ap	LÖS	0,57	0,41	0,35
SN035	Sw	LÖS	0,35	0,23	0,19
SN039	Ap	LÖS	0,38	0,25	0,22
SN039	Sw	LÖS	0,49	0,34	0,29
SN043	Ap	LÖS	9,06	9,06 ¹⁾	-
SN043	Bv-Sdw	LÖS	1,43	1,26	1,10
SN050	Ap	SMM	0,49	0,34	0,38
SN050	Bv-Sw	SMM	0,40	0,27	0,30

*BAG = Bodenausgangsgestein; ¹⁾ = Totalgehalt entspricht KW-Gehalt (s.a. Kap. 5.3.5)

Kartenanhang:

Karte der BDF – Lage und Typ: **Anhang K1**

Karte der BDF – Hauptnutzung: **Anhang K2**

Karte der BDF – Eintrag-/Austraguntersuchungen: **Anhang K3**

Karte der BDF – „repräsentativste BDF“ nach Kieler Studie: **Anhang K4**

Karte der BDF – Standorte für Probeauswertung: **Anhang K5**

