

**SACHSEN-ANHALT**

Landesamt für Umweltschutz

# **Hintergrundwerte organischer Schadstoffe**

in Oberböden des ländlichen  
Raumes von Sachsen-Anhalt

## Impressum

Hintergrundwerte organischer Schadstoffe in Oberböden des ländlichen Raumes von Sachsen-Anhalt – überarbeitete Fassung

Herausgeber: Landesamt für Umweltschutz  
Tel.: +49 345-5704- 106  
[poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de)  
Internet: [www.lau.sachsen-anhalt.de](http://www.lau.sachsen-anhalt.de)

Redaktion: Fachgebiet 23 Bodenschutz/Altlasten

Redaktionsschluss: Halle (Saale), April 2017

Web-Link der Publikation <http://www.lau.sachsen-anhalt.de/wir-ueber-uns-publikationen/fachpublikationen/berichte-des-lau/>

ISSN-Nummer: 0941-7281

Bildnachweis: Links: Bekämpfung des Kartoffelkäfers mit DDT-Stäubemittel von 1953, Bundesarchiv, Bild 183-20820-0001 / CC-BY-SA, Mitte: Luftbild Großkraftwerk-Zschornowitz von 1928, Ansichtskarten Lexikon (<http://ansichtskarten-lexikon.de/ak-31560.html>)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Datengrundlage</b> .....	<b>7</b>
Standorte der Untersuchung .....	7
Probennahme und Analytik .....	7
Auswertung der Untersuchungsergebnisse .....	8
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>9</b>
Dioxine und Furane (PCDD/-F) .....	9
Dioxinähnliche PCB (dl-PCB).....	11
Polychlorierten Biphenyle (PCB <sub>6</sub> ).....	12
Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) .....	14
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und Metabolite (DDE und DDD) .....	16
<b>4. Zusammenfassung</b> .....	<b>18</b>
<b>5. Fazit</b> .....	<b>19</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>20</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>21</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der in die Untersuchung eingegangenen Boden-Dauerbeobachtungsflächen des ländlichen Raumes und deren Nutzung .....	7
Abbildung 2: Ergebnisse (Kongenerenverteilung als Diagramme und deren Werte) eines Standortes aus zwei Tiefenstufen und Probennahmeterminen und deren statistische Auswertung (rotes Kreuz, Ausschluss einer Probe auf Grundlage der PCA) zu einer mittleren Stoffkonzentration eines Standortes für den Parameter PCB <sub>6</sub> .....	8
Abbildung 3: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Toxizitätsäquivalente der Dioxine und Furane in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links) und Forst (rechts) .....	9
Abbildung 4: Verteilung der Kongenerenmuster der Dioxine und Furane .....	10
Abbildung 5: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Toxizitätsäquivalente der dl-PCB in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links) und Forst (rechts).....	11
Abbildung 6: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Summe der PCB <sub>6</sub> in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts) .....	12
Abbildung 7: Verteilung der Kongenerenmuster der PCB <sub>6</sub> .....	13
Abbildung 8: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Summe der PAK <sub>16</sub> in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts) .....	14
Abbildung 9: Verteilung der Kongenerenmuster der PAK.....	15
Abbildung 10: Boxplot der Verteilung der gemittelten Konzentrationen der Isomere des DDT und des pp-DDE in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts) .....	16
Abbildung 11: Verhältnis des Hauptmetaboliten pp DDE zu den DDT-Isomeren .....	17
Abbildung 12: Verteilung der Konzentrationshöhen nach den Richtwerten der der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Dioxine .....	25
Abbildung 13: Verteilung der PCB <sub>6</sub> -Konzentration als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV .....	26
Abbildung 14: Verteilung der PAK <sub>16</sub> -Konzentration als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV .....	27
Abbildung 15: Verteilung der Benzo(a)pyren-Konzentrationshöhe als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV .....	28

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angewendete Methoden der untersuchten Parameter, sowie ihre Bestimmungsgrenzen und analytische Messunsicherheit .....	21
Tabelle 2: Beprobte Tiefenstufen und die resultierende Probenanzahl in Abhängigkeit von der Bodennutzung und der untersuchten Parameter .....	21
Tabelle 3: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter ackerbaulicher und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50.Perzentil) und höhere (90.Perzentil) Konzentrationen der Kongenere und Toxizitätsäquivalente der Dioxine und Furane .....	22
Tabelle 4: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter ackerbaulicher und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50.Perzentil) und höhere (90.Perzentil) Konzentrationen der Kongenere und Toxizitätsäquivalente der dioxinähnlichen PCB (dlPCB).....	22
Tabelle 5: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50.Perzentil) und höhere (90.Perzentil) Konzentrationen der sechs Kongenere der polychlorierten Biphenyle (PCB) und deren Summe (PCB <sub>6</sub> ) .....	23
Tabelle 6: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50.Perzentil) und höhere (90.Perzentil) Konzentrationen der Kongenere der polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und deren Summe (PAK <sub>11</sub> und PAK <sub>16</sub> ).....	23

Tabelle 7: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50.Perzentil) und höhere (90.Perzentil) Konzentrationen des Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und deren Metabolite (DDE und DDD) ..... 24

## 1. Einleitung

Seit 2004 werden ausgewählte persistente organische Schadstoffe (POP) auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) des Landes Sachsen-Anhalt untersucht. Das BDF-Monitoring dient der langfristigen Beobachtung von Böden und der Beurteilung von Veränderungen der Bodenbeschaffenheit. Die an dem Monitoring beteiligten Landesbehörden ermitteln regelmäßig seit 25 Jahren die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Böden gemäß § 10 Bodenschutz-Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt (BodSchAG LSA 2002).

Im Zusammenhang mit der Überarbeitung des Leitfadens „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO 2003) wurden auch die landesweit vorliegenden Untersuchungsergebnisse der POP erstmalig ausgewertet. In diesem Bericht werden die Auswertungen der Oberböden von 62 BDF in Sachsen-Anhalt, die den ländlichen Raum repräsentieren, vorgestellt. Sie dienen der Ableitung von Hintergrundwerten organischer Schadstoffe in Oberböden des Landes. Eine Veröffentlichung der bundesweiten Auswertung ist durch das Umweltbundesamt beabsichtigt, Grundlage ist die durchgeführte Bodenzustandserhebung.

Mit dem Begriff Schadstoffe werden entsprechend § 2 Abs. 6 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999) Stoffe und Stoffverbindungen zusammengefasst, die durch ihre Eigenschaften und vorhandenen Konzentrationen für die Umwelt und damit auch den Menschen schädlich sein können. Die in den Böden vorhandenen organischen Schadstoffe entstammen überwiegend dem menschlichen Handeln in der Umwelt, insbesondere die industrielle Entwicklung der letzten Jahrzehnte führte zu einer diffusen Verbreitung dieser Stoffe sowie einer Akkumulation in den Oberböden. Neben der diffusen Verbreitung, die überwiegend durch atmosphärische Depositionen auf der Fläche hervorgerufen werden, tragen auch standortabhängige Einträge aus den Bewirtschaftungsmaßnahmen, der Düngung und des Pflanzenschutzes zu Akkumulationen in land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden bei.

Die Böden sind vor schädlichen Veränderungen bzw. Belastungen nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG, 1998) zu schützen. Hintergrundwerte beschreiben den stofflichen Ist-Zustand der ubiquitär belasteten Böden und bilden somit Vergleichswerte für verschiedene Fragestellungen des stofflichen Bodenschutzes. Nach LABO (2003) sind sie definiert als „repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden“.

Die statistische Auswertung wurde für die Stoffgruppen der Polychlorierten Dibenzo-p-Dioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF), Polychlorierten Biphenyle (PCB), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und Metabolite (DDE und DDD) durchgeführt. Für die untersuchte Stoffgruppe Hexachlorcyclohexan (HCH) und die aromatische Verbindung Hexachlorbenzol (HCB) konnten, aufgrund der überwiegenden Anzahl von Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze, keine Hintergrundwerte abgeleitet werden.

## 2. Datengrundlage

### Standorte der Untersuchung

Für die Ableitung von Hintergrundwerten konnten die im Landesamt für Umweltschutz durchgeführten Untersuchungen im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung genutzt werden. Sie eignen sich besonders gut für die Auswertung, da sie die vorherrschenden Bodenformen (Gesamtbild aus Bodentyp, Bodenart und Ausgangsgestein) und ihre vorherrschenden Nutzungstypen in den verschiedenen Bodenregionen des Landes repräsentieren. Im Laufe des langjährigen Monitorings kann für diese Standorte auf einen umfangreichen Datenbestand verschiedener medienübergreifender Untersuchungsprogramme zurückgegriffen werden.

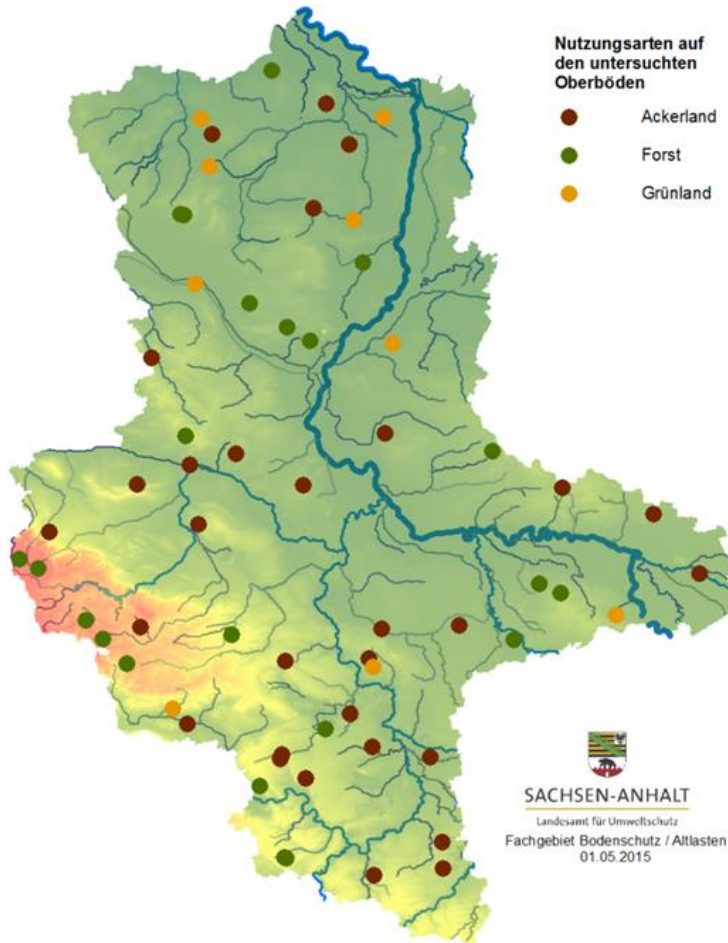


Abbildung 1: Lage der in die Untersuchung eingegangenen Boden-Dauerbeobachtungsflächen des ländlichen Raumes und deren Nutzung

In die Auswertung sind insgesamt 62 Standorte eingegangen (Abbildung 1), sie bilden den Großteil der Boden-Dauerbeobachtungsflächen im Land. Ausgeschlossen von dieser Untersuchung wurden Standorte der geomorphologisch aktiven Aue und Standorte, die in der Raumordnung als Verdichtungsräume (BBSR 2012) gelten.

Die Art der Bodennutzung ist insofern von Interesse, da sie einen Einfluss auf den Aufbau der Oberböden und deren Eigenschaften hat und es durch nutzungsspezifische Praktiken in der Vergangenheit zu qualitativ und quantitativ unterschiedlichen Einträgen gekommen sein kann. In der Literatur wird ebenfalls der quantitative Einfluss der Vegetation auf die atmosphärische Deposition diskutiert.

Auf die landwirtschaftliche Nutzung, die auf 62 % der Landesfläche betrieben wird, entfallen 40 Standorte. Mit 31 Standorten überwiegt die ackerbauliche Nutzung gegenüber 9 Standorten auf Grünland. Unter forstwirtschaftlicher Nutzung befinden sich insgesamt 22 Standorte, sie stehen exemplarisch für 25 % der Landesfläche.

### Probennahme und Analytik

Die Standorte werden entsprechend dem Bericht „Boden-Dauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ (LABO 1999), der von der Ad hoc AG „Boden-Dauerbeobachtung“ des ständigen Ausschusses Informationsgrundlagen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) erarbeitet wurde, untersucht.

Die Probennahme erfolgt an den Eckpunkten der 50 m x 50 m großen Fläche. An den Eckpunkten werden Mischproben für verschiedene Tiefenstufen erzeugt. Für die Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF) sowie die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) wurde von der Methodik abgewichen, indem eine Mischprobe je Fläche und Tiefenstufe erzeugt wird. Durch ca. 15 Einstiche entlang des Umrisses der Fläche wurde die Mischprobe gewonnen.

Die in diese Auswertung eingeflossenen Proben wurden in den Jahren von 2004 bis 2013 entnommen. Insgesamt wurden ca. 1000 Proben nach den in Tabelle 1 (Anhang) aufgeführten Methoden durch das Labor des Landesamtes für Umweltschutz untersucht. An einzelnen Standorten wurde bereits eine routinemäßige zweite Probennahme durchgeführt (vgl. Abbildung 2). Durch geänderte Normen (z.B. DIN) kann es im Laufe des Monitorings dazu kommen, dass verschiedene

jedoch gleichwertige Analysemethoden angewendet werden. Eine weitere Unsicherheit für die statistische Auswertung kann durch den Einsatz unterschiedlicher Probennehmer entstehen. Auf allen Standorten wurden metrische Tiefenstufen angewendet, die sich durch die Nutzungsart der Böden unterscheiden. Parameter- und nutzungsabhängige Probenanzahlen sowie die beprobten Tiefenstufen sind der Tabelle 2 (Anhang) zu entnehmen.

### Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung der Daten erfolgt für jede Nutzungsart (Ackerland, Grünland und Forst). In die Auswertung ist jede Probe des Monitorings (Standort, Eckpunkt, Tiefenstufe und Datum der Probennahme) einzeln eingegangen.

Im ersten Schritt erfolgte die Prüfung der Messwerte eines Stoffes auf deren Anteil der Werte die unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) lagen. Stoffe, deren Werte < der BG einen Stichprobenanteil > 40 % hatten, wurden nicht in die weitere Betrachtung einbezogen. Für die einzelnen Stoffgruppen wurde anschließend mit Hilfe der multivariaten Statistik eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Die Proben, die nicht dem beschreibenden Muster des Datensatzes entsprachen, wurden entfernt. Bei der Selektion des Datensatzes sind überwiegend einzelne Messwerte und nicht Standorte entfernt worden [vgl.].

Abbildung 2: Ergebnisse (Kongenerenverteilung als Diagramme und deren Werte) eines Standortes aus zwei Tiefenstufen und Probennahmeterminen und deren statistische Auswertung (rotes Kreuz, Ausschluss einer Probe auf Grundlage der PCA) zu einer mittleren Stoffkonzentration eines Standortes für den Parameter PCB<sub>6</sub>, was der Standortanzahl bei der Betrachtung von Hintergrundwerten zugute kommt. Im letzten Schritt wurden die einzelnen Messungen eines Standortes zu einem Median vereinigt, Messwerte < BG gingen dabei als ganze BG in die Berechnung ein. Anschließend erfolgte die Ermittlung der nutzungsabhängigen Hintergrundwerte des Landes auf Grundlage der Mediane der einzelnen Standorte.

Die Ableitung von Hintergrundwerten in diesem Bericht beschränkt sich auf den humosen Oberboden. Entsprechend gingen alle Messwerte der Tiefenstufen der Oberböden in die Ableitung ein. Aus der Hauptkomponentenanalyse ging auch hervor, dass die zwei Tiefenstufen der Ackerstandorte (0 bis 10 cm und 10 cm bis Untergrenze des Ap-Horizontes\*) keine Differenzierung aufweisen. Konzentration und Zusammensetzung der organischen Schadstoffe liegen durch die ständige Bodenbearbeitung soweit homogenisiert vor, dass die zwei Tiefenstufen gemeinsam in die Ableitung eingingen.

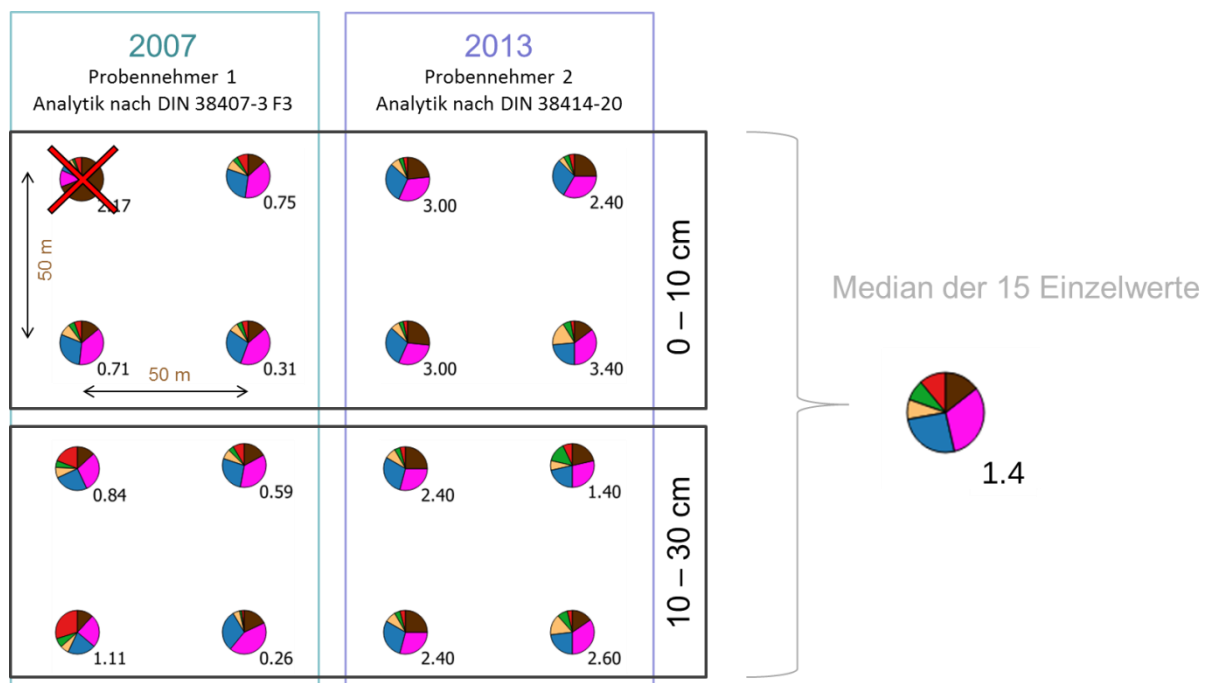


Abbildung 2: Ergebnisse (Kongenerenverteilung als Diagramme und deren Werte) eines Standortes aus zwei Tiefenstufen und Probennahmeterminen und deren statistische Auswertung (rotes Kreuz, Ausschluss einer Probe auf Grundlage der PCA) zu einer mittleren Stoffkonzentration eines Standortes für den Parameter PCB<sub>6</sub>

\*: Mineralischer Oberbodenhorizont der durch regelmäßige Bodenbearbeitung und Düngung geprägt ist



Die in die Ermittlung der Hintergrundwerte eingegangenen Einzelwerte unterliegen einer großen Streuung. Durch die Berechnung einer mittleren Konzentration je Standort wurde dieser Einfluss gemindert. Unterschiede zwischen den Standorten können durch den Vergleich der mittleren (50. Perzentil) und höheren (90. Perzentil) Konzentration abgeschätzt werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei das 90. Perzentil (LABO 2003). Das 90. Perzentil ist der Wert, der größer ist als 90 % der gemessenen Gehalte einer Stichprobe.

Die sich aus den Hintergrundwerten der einzelnen Kongenere ergebenden Anteile einer Stoffgruppe sind das Resultat der Statistik und können sich demzufolge für einzelne Standorte unterscheiden.

### 3. Ergebnisse

In den nachfolgenden Boxplot-Darstellungen ist der Stichprobenumfang, getrennt nach der Nutzungsart, der einzelnen mittleren Konzentrationen je BDF dargestellt. Aus diesen Darstellungen lässt sich die Streuung der in die Hintergrundwerte eingegangenen Hintergrundgehalte grafisch ableiten. Der Wertebereich des 2. und 3. Quartils wird als Box abgebildet und umfasst somit 50 % der Stichprobe. Der Querstrich in der Box verdeutlicht die Lage des Medians. Die sich an die Box anschließenden Antennen stellen die Randbereiche der Stichprobe dar, sofern sie nicht den 1,5-fachen Interquartilsabstand bzw. Boxengröße übersteigen. Die Werte, die den 1,5 Interquartilsabstand übersteigen, werden separat als Punkte gekennzeichnet. Sie unterscheiden sich damit in ihrer Konzentrationshöhe deutlich von der Mehrzahl der Stichprobenwerte, gehen aber trotzdem in die Hintergrundwertermittlung ein.

Die nach der Nutzungsart differenzierten Hintergrundwerte sind den Tabelle 3 bis 7 des Anhangs zu entnehmen.

#### Dioxine und Furane (PCDD/-F)

Die Stoffgruppen der Dioxine und Furane weisen im Vergleich zu den anderen untersuchten Parametern einen geringeren Stichprobenumfang auf. In die Hintergrundwertbetrachtung für den ländlichen Raum flossen 38 ackerbaulich und 29 forstwirtschaftlich genutzte Oberböden mit ihren Untersuchungsergebnissen ein.

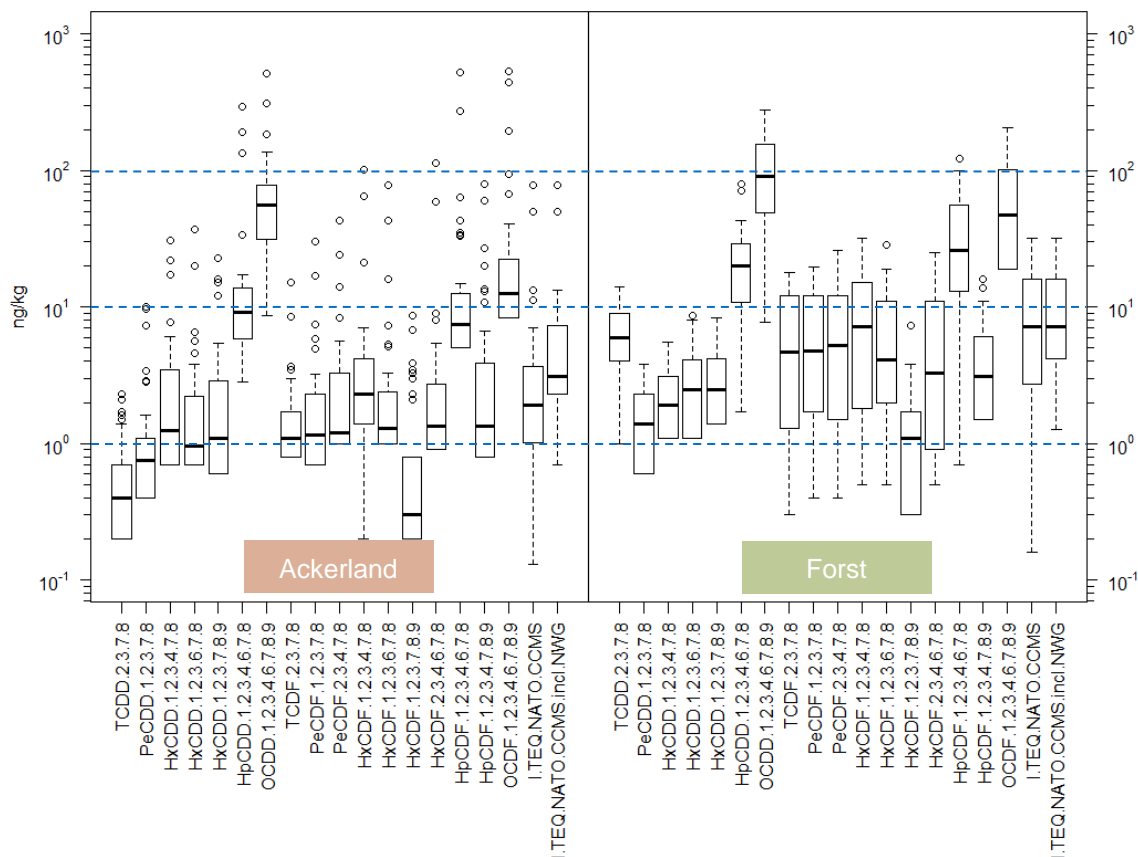


Abbildung 3: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerekonzentrationen und Toxizitätsäquivalente der Dioxine und Furane in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links) und Forst (rechts)

Die abgeleiteten Hintergrundwerte der Kongenere und deren Summenparameter als Toxizitätsäquivalent (TEQ) können der Tabelle 3 (Anhang) entnommen werden. Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass die TEQ in den Oberböden der Forststandorte für das 50. und 90. Perzentil doppelt so hoch wie die der ackerbaulich genutzten Standorte sind.

Die Streuung der zu den Hintergrundwerten geführten Hintergrundgehalte der einzelnen BDF wird aus der Abbildung 3 ersichtlich. Neben der unterschiedlichen Lage der Boxen bzw. deren Konzentrationshöhe unterscheiden sich die beiden Nutzungsarten auch in der Spanne der Boxen. Die Forststandorte haben eine größere Streuung der mittleren 50 % der Stichprobe als die der Ackerstandorte. Ein anderer Unterschied zwischen den beiden Stichproben liegt bei der Betrachtung der als Punkte markierten Ausreißer, deren Anzahl bei den Ackerstandorten größer ist und bis auf das TCDD auch über den Extremwerten der Forststandorte liegt. Die in den Ackerstandorten gemessenen Konzentrationen weisen damit eine größere Streuung auf als die der Forststandorte.

Das Verhältnis der einzelnen Kongenere zueinander ist bei der Betrachtung der Abbildung 3 zwischen den beiden Nutzungsarten vergleichbar. Lediglich das Tetrachlordibenzodioxin (TCDD) weist einen qualitativen Unterschied zwischen den beiden Nutzungsarten auf.

In der BBodSchV wird nur ein Maßnahmenwert für den Pfad Boden-Mensch aufgeführt, dieser wird von allen untersuchten Proben für den sensibelsten Wert (Kinderspielflächen: 100 ng I-TEQ/kg) deutlich unterschritten. Als Bewertungshilfe können zusätzlich die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Dioxine (1990 und 1993) veröffentlichten Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung herangezogen werden. Demnach kann auf über der Hälfte der untersuchten Flächen eine uneingeschränkte landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung (< 5 ng I-TEQ/kg) betrieben werden (vgl. Abbildung 12 im Anhang). Eine Überschreitung dieses Wertes um mehr als das Doppelte, ist auf 10 % der untersuchten Proben beschränkt. Nur für einen

Standort wird empfohlen, den Anbau bodennah wachsender Obst- und Gemüsearten sowie Feldfutterpflanzen und die bodengebundenen Nutztierhaltung nicht zu betreiben.

In der Abbildung 4 sind die Kongenerenmuster der einzelnen Standorte und deren Nutzung abgebildet und lassen einen qualitativen Vergleich der einzelnen Standorte zu. Lokale Unterschiede können anhand des Verhältnisses von Dioxinen zu Furanen abgeleitet werden. Regional können diese aggregiert werden, im nördlichen Landesteil und im Harz dominieren überwiegend die Furane, in der südlichen Hälfte dominieren ansonsten die Kongenere der Dioxine. Auffällig ist in diesem Zusammenhang der große Anteil des Octachlorodibenzodioxin (OCDD).

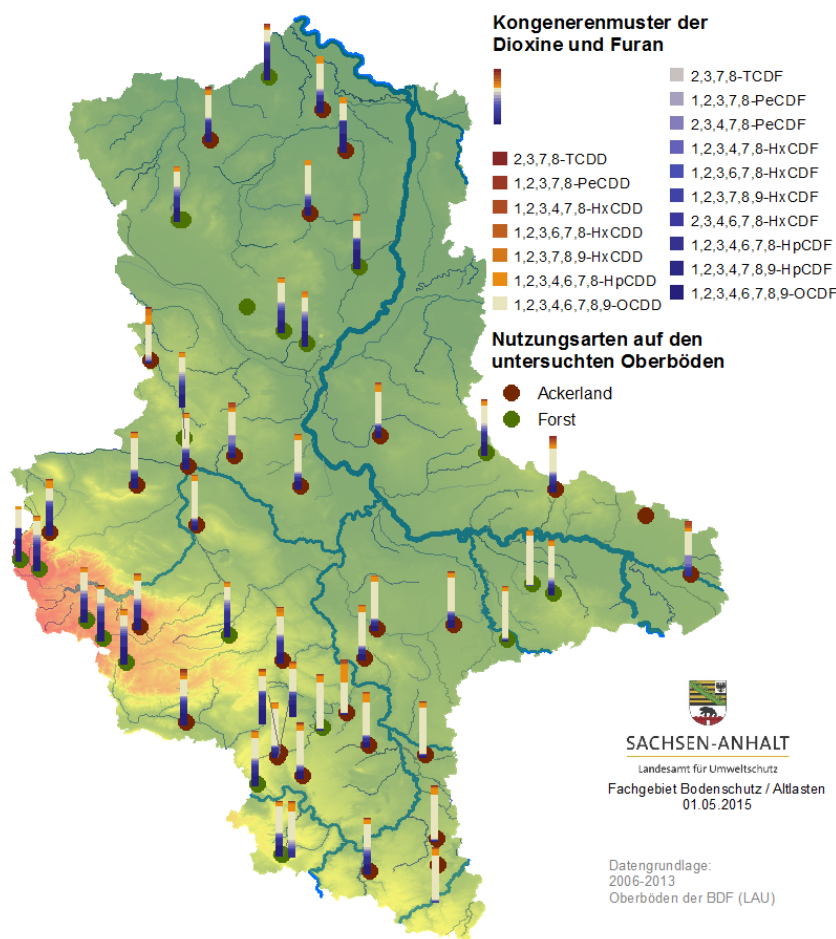
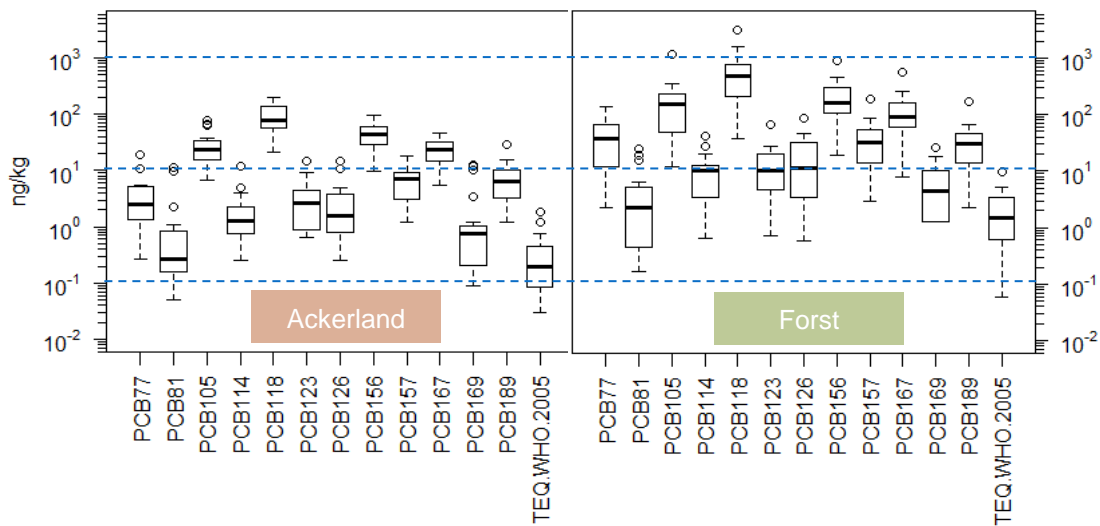


Abbildung 4: Verteilung der Kongenerenmuster der Dioxine und Furane

**Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)**



**Abbildung 5: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Toxizitätsäquivalente der dl-PCB in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links) und Forst (rechts)**

Für die Ableitung von Hintergrundwerten konnten 19 ackerbaulich und 18 forstwirtschaftlich genutzte Standorte des ländlichen Raumes ausgewertet werden. Die beiden nutzungsabhängigen Gruppen sind in der Abbildung 5 dargestellt und unterscheiden sich in ihrer Belastungshöhe. Die gemessenen Konzentrationen der einzelnen Kongenere sind im Mittel in den Waldoberböden höher als die der Ackeroberböden.

Auf die Grünlandnutzung fielen, wie schon bei den Dioxinen und Furanen zu wenige Standorte, um eine statistisch abgesicherte Aussage zu treffen.

## Polychlorierten Biphenyle (PCB<sub>6</sub>)

Die 6 Kongenere der PCB konnten gänzlich in die Auswertung eingehen, der Anteil der Werte kleiner der Bestimmungsgrenze lag für die 666 untersuchten Proben der 62 Standorte unter 1 %. Durch die PCA wurden lediglich 2 Proben der Ackerländer und 2 der Forste aus dem Datensatz entfernt, somit flossen 662 Proben in die Hintergrundwerteberechnung ein.

Die nach der Bodennutzung differenzierten Hintergrundwerte sind in der Tabelle 5 (Anhang) als mittlere Konzentrationshöhe durch das 50. Perzentil bzw. dem Median dargestellt, höhere Konzentrationen werden durch das 90. Perzentil abgebildet. Für die Summe der 6 Kongenere wurden mittlere Konzentrationen von 1,5 µg/kg für Ackerland, 5 µg/kg für Grünland und 6 µg/kg in Oberböden von Waldstandorten ermittelt.

In der Abbildung 6 sind die ermittelten Konzentrationen der einzelnen Kongenere eingeflossen. Die sich in ihrer mittleren Konzentrationshöhe unterscheidenden Nutzungsarten weisen vergleichbare Muster der einzelnen Kongenere zueinander auf. Es zeichnen sich somit nutzungsunabhängige Verhältnisse der einzelnen Kongenere in ihrer mittleren Konzentrationshöhe zu einander ab. Der Wertebereich des 2. und 3. Quartils (Boxen in Abbildung 6) nimmt dabei mit der Konzentrationshöhe zu.

Einzelne Standorte unterscheiden sich in ihrer Konzentrationshöhe deutlich von der Mehrzahl der Stichprobe, sie werden in der Abbildung 6 als Punkte gesondert dargestellt. Dies trifft für ebenfalls für alle Nutzungsarten zu.

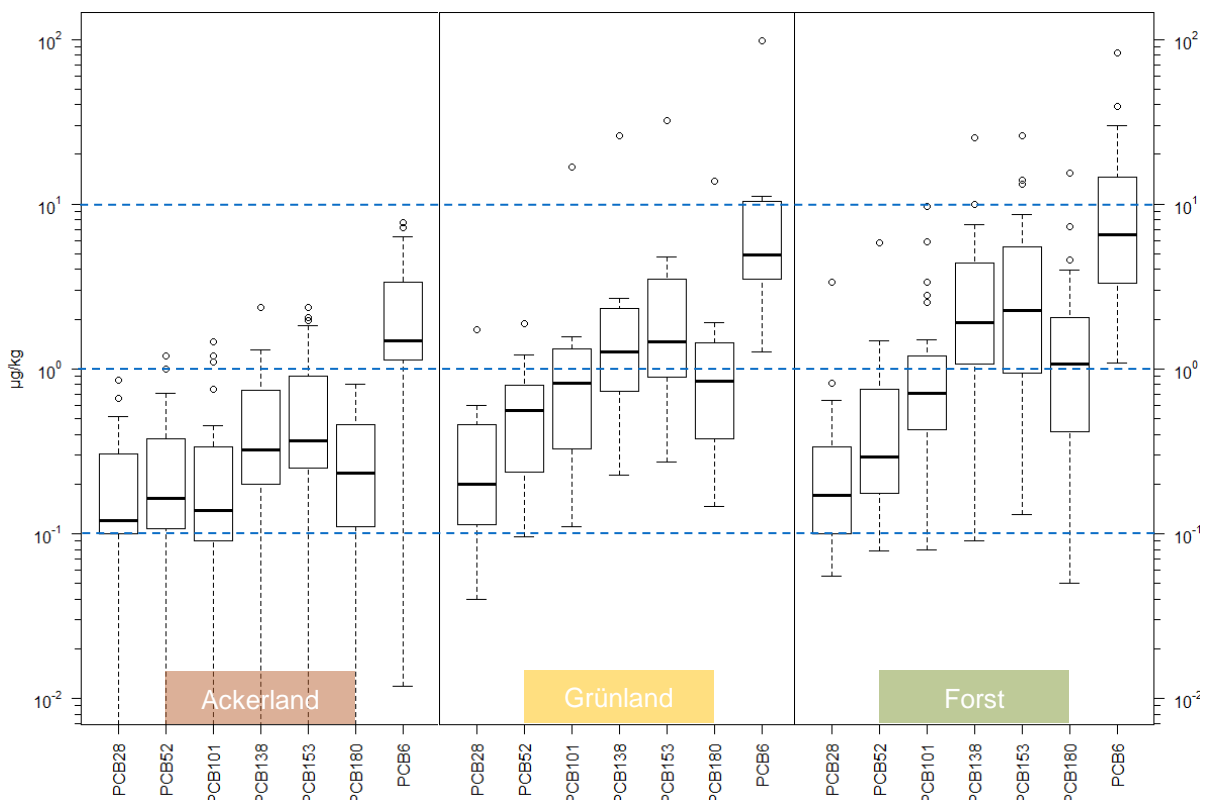


Abbildung 6: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerekonzentrationen und Summe der PCB<sub>6</sub> in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts)

Es zeigt sich bei der Summe der PCB<sub>6</sub> ein vergleichbares Bild in Hinblick auf die Höhe der Konzentration und der Nutzungsart der Standorte. Im Vergleich zu den PAK<sub>16</sub> (Abbildung 8), bei denen die mittleren Summenwerte der Oberböden unter Acker- und Grünland in einer Größenordnung liegen, befindet sich der Wertebereich der Grünlandstandorte für die PCB<sub>6</sub> eher an dem der Forststandorte. Die mittlere Konzentration der Ackerstandorte grenzt sich demzufolge deutlicher von den anderen Nutzungen ab, sie beträgt etwa 25 % der mittleren Konzentration in den forstwirtschaftlich genutzten Oberböden.

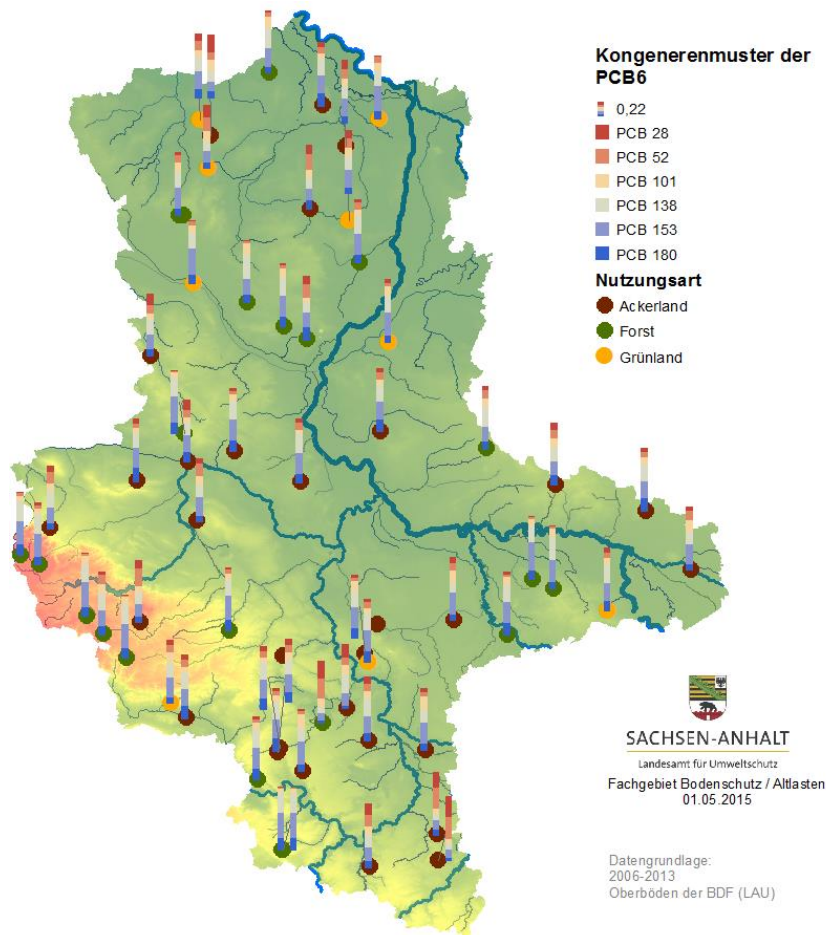


Abbildung 7: Verteilung der Kongenerenmuster der PCB<sub>6</sub>

Konzentrationen gemessen, die 10 bis 60 % des Vorsorgewertes entsprechen. Diese Standorte sind über das ganze Land verteilt und treten unabhängig von der Nutzung und dem Humusgehalt auf.

Bei der Betrachtung der einzelnen Messstellen in der Abbildung 7, werden standortabhängige Unterschiede der Muster deutlich, sie sind als Verhältnis der Kongenere zur Summe qualitativ dargestellt. Zu den Mustern können keine Bezüge über die Nutzungsart, der Konzentrationshöhe oder dem Humusgehalt hergestellt werden. Demnach können die unterschiedlichen Muster ein Hinweis auf eine kleinräumige Streuung der Schadstoffquellen sein. Eine Aggregation der Muster ist, in Anbetracht des Stichprobenumfangs, nicht möglich.

Dies wird auch durch die räumliche Verteilung der Konzentrationshöhe, die in der Abbildung 13 (Anhang) als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV dargestellt ist, deutlich. Demnach liegen alle Standorte unterhalb des Vorsorgewertes, wobei 75 % der Standorte weniger als 10 % des Vorsorgewertes aufweisen. An den übrigen Standorten wurden

## Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Im Vergleich zu den zuvor beschriebenen PCB unterschied sich die Auswertung der PAK im Wesentlichen in zwei Punkten. Zum einen konnten von den 16 PAK für 5 PAK (Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Anthracen, Dibenz(a,h)anthracen) in weniger als der Hälfte der 655 untersuchten Proben Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze (5 µg/kg) ermittelt werden. Die beschriebenen 5 PAK konnten somit nicht in die Statistik einfließen. Zum anderen wurden durch die sich anschließende PCA deutlich mehr Untersuchungsergebnisse (36 Ackerland, 9 Grünland u. 33 Forst) von der weiteren Statistik ausgeschlossen.

Die resultierenden Hintergrundwerte können der Tabelle 6 (Anhang) entnommen werden. Für die 5 PAK, deren Messwerte zu über der Hälfte kleiner der Bestimmungsgrenze waren, konnte zumindest für das 50. Perzentil die Angabe der Bestimmungsgrenze erfolgen. Das 90. Perzentil konnte jedoch nicht ausgewiesen werden, weshalb es in der Tabelle 6 hierzu keine Angabe gibt. Für die in der Praxis übliche Summe der PAK<sub>16</sub> wurden beispielhaft die Anteile der 5 PAK (> 50 % der Stichprobe < BG) der Bestimmungsgrenze gleichgesetzt, so kann zumindest für den Median der PAK<sub>16</sub> ein verlässlicher Wert angegeben werden (PAK<sub>16</sub> inkl. BG). In der Tabelle 6 wird entsprechend zwischen PAK<sub>16</sub> exklusive und inklusive der Bestimmungsgrenze unterschieden.

Einen Überblick über die Verteilung der Kongenerenkonzentrationen gibt die Abbildung 8. Die ermittelten Konzentrationen steigen nutzungsabhängig von Acker- und Grünland zu Standorten mit forstwirtschaftlicher Nutzung an. Die mittleren Konzentrationen der Acker- (z.B. PAK<sub>16</sub> = 188 µg/kg) und Grünländer (PAK<sub>16</sub> = 218 µg/kg) befinden sich auf vergleichbarem Niveau und unterscheiden sich von denen der Forststandorte (PAK<sub>16</sub> = 365 µg/kg). Die Anteile der einzelnen Kongenere an der Summe der PAK sind weitestgehend standort- und nutzungsunabhängig, dies wird auch durch den Vergleich mit der Abbildung 9 deutlich.

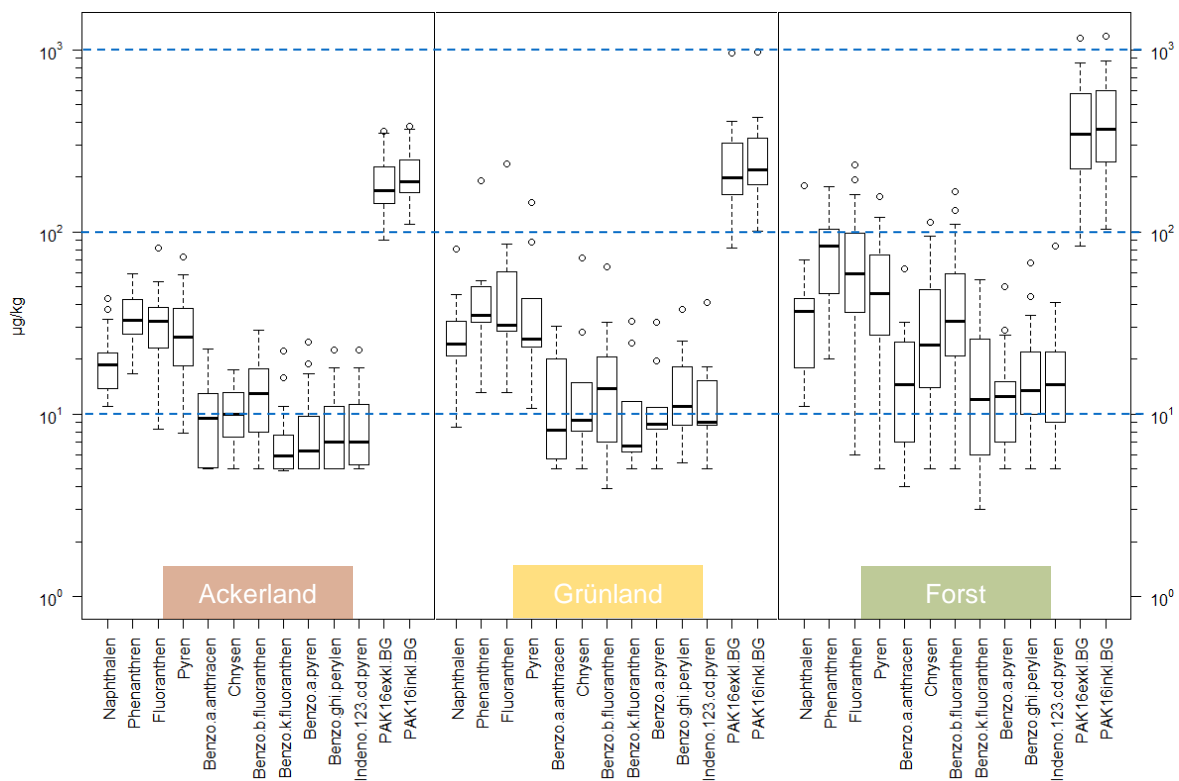
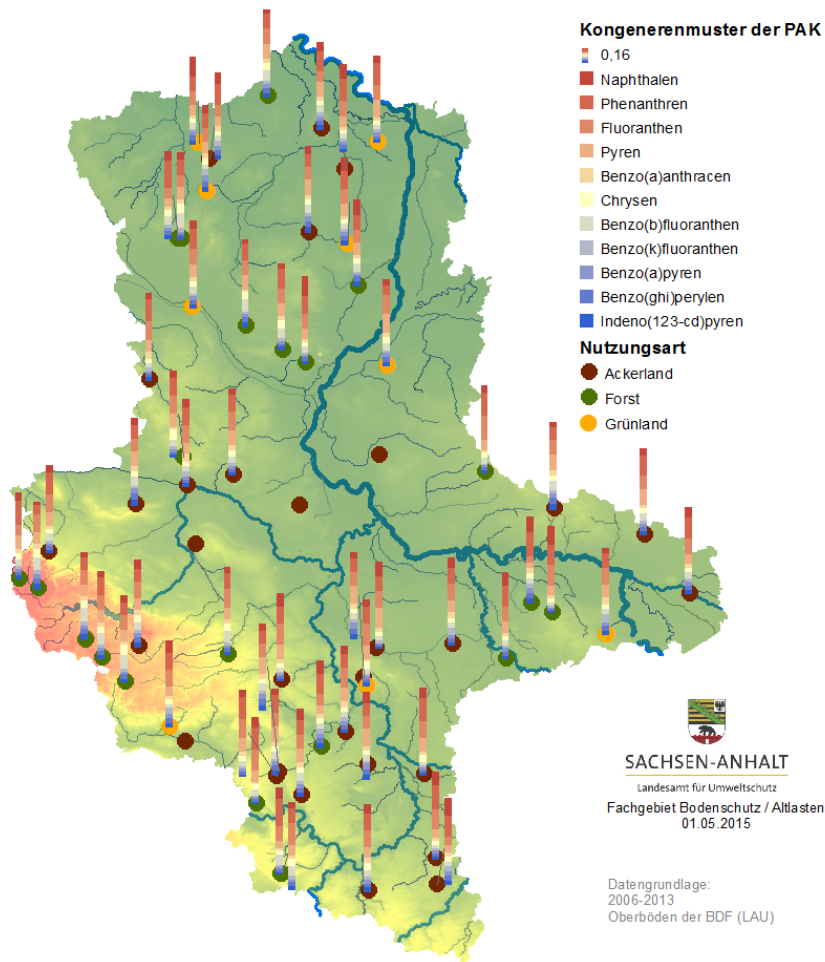


Abbildung 8: Boxplot der Verteilung der gemittelten Kongenerenkonzentrationen und Summe der PAK<sub>16</sub> in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts)





Die für die Standorte ermittelten Konzentrationen betragen deutlich weniger als die Hälfte des Vorsorgewertes der BBodSchV. In der Abbildung 14 (Anhang) sind die Quartile (Viertelwerte) der Anteile am Vorsorgewert dargestellt, wodurch die räumliche Verteilung der Konzentrationen in den Oberböden dargestellt werden soll. Ein möglicher Einfluss des Kohlenstoffgehaltes auf die Konzentration wird durch die Zweiteilung des Vorsorgewertes (Humus < 8 % bzw. > 8 %) relativiert. 75 % der 62 betrachteten Standorte liegen unterhalb 10 % des Vorsorgewertes. Ein vergleichbares Bild ergibt sich aus der Betrachtung der Benzo(a)pyren-Konzentrationen, sie sind in der Abbildung 15 (Anhang) dargestellt.

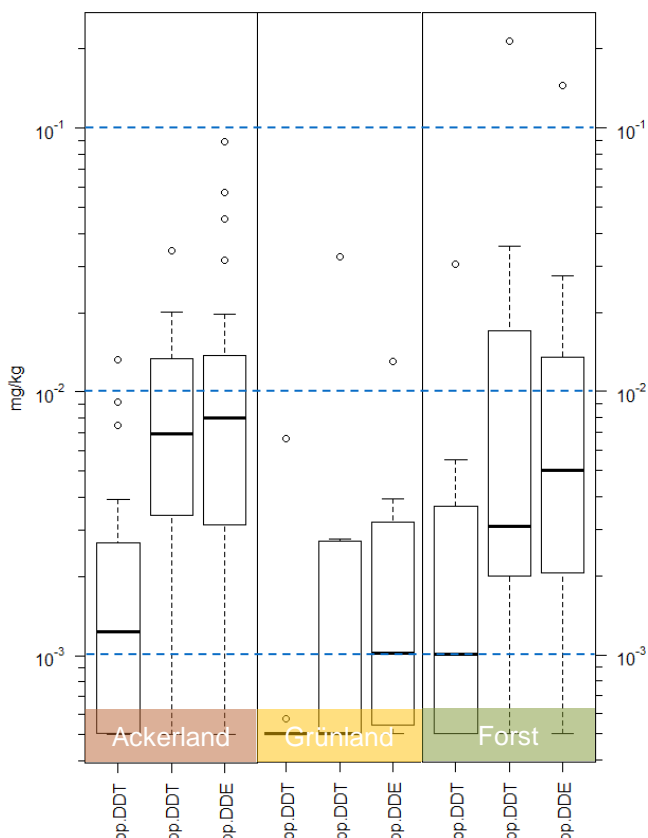
Abbildung 9: Verteilung der Kongenerenmuster der PAK

## Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und Metabolite (DDE und DDD)

Von dem früher vielfältig eingesetzten Insektizid DDT mit seinen Metaboliten DDE und DDD erfolgte für die Ableitung der Hintergrundwerte eine getrennte Betrachtung der Isomere. Es konnte nicht für alle Isomere aus den 592 Untersuchungen ein Hintergrundwert abgeleitet werden. Dies trifft für das op-DDE, op-DDD und pp-DDD zu, der Anteil der Messwerte größer der Bestimmungsgrenze (0,5 µg/kg) lag deutlich unter 50 % der Stichprobe. Die übrigen Isomere pp-DDE (89 % > BG), op-DDT (65 % > BG) und pp-DDT (83 % > BG) gingen, aufgrund der ausreichenden Anzahl von Messergebnissen größer der Bestimmungsgrenze, in die Auswertung der 62 Standorte ein. Durch die PCA wurden vergleichsweise wenige Untersuchungen (Ackerland 3, Grünland 1, Forst 9) von der weiteren Statistik ausgeschlossen.

Die in Tabelle 7 (Anhang) aufgeführten Konzentrationen des pp-DDT, der Hauptbestandteil des technischen DDT, liegen für Acker- mit einem Median von 0,007 mg/kg und Forststandorte mit einem Median von 0,003 mg/kg in vergleichbaren Größenordnungen. Entsprechend der vergangenen Anwendungspraxis grenzen sich die Grünlandstandorte ab. Für die Oberböden unter Grünlandnutzung wurden mittlere Konzentrationen kleiner der Bestimmungsgrenze gemessen. Wobei 90 % der Messungen kleiner der doppelten Bestimmungsgrenze sind. Die auf einzelnen Grünlandstandorten festgestellten höheren Konzentrationsniveaus lassen auf ehemalige ackerbauliche Nutzung schließen.

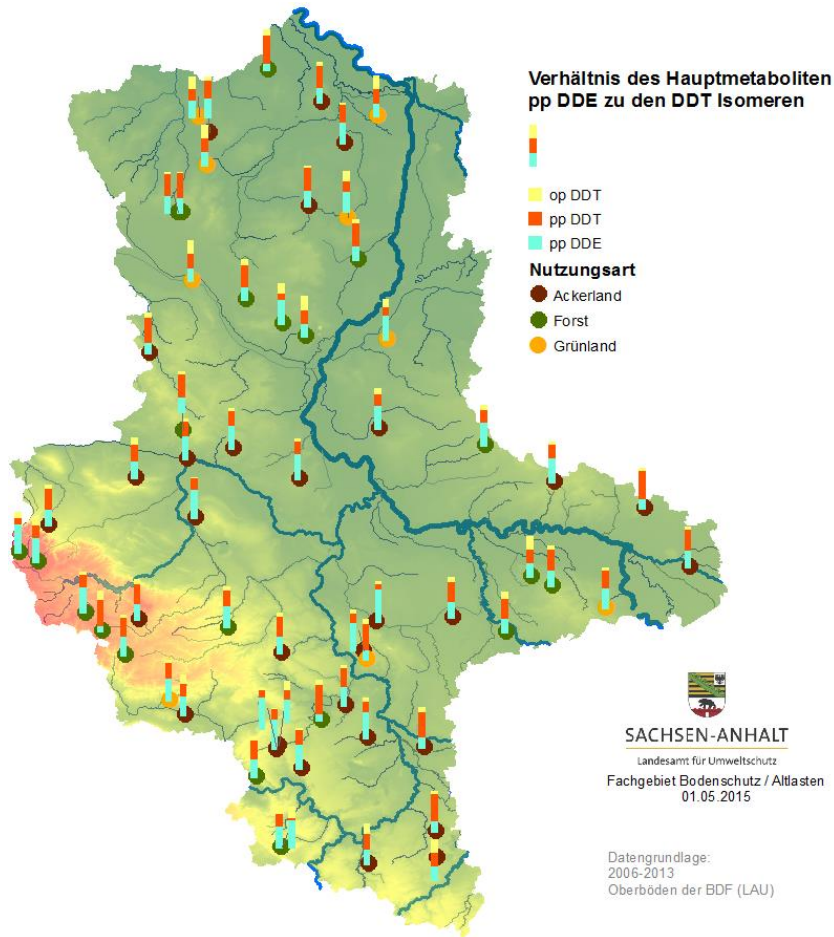
Der in den Oberböden des Landes vorkommende Hauptmetabolit, das Isomer pp-DDE, weist Größenordnungen wie das eingesetzte DDT auf. Wie aus der Abbildung 10 zu entnehmen ist, befindet sich die mittlere Konzentration des pp-DDE bei allen drei Nutzungen etwas über dem des pp-DDT. Für den Metabolit DDD lagen nur für die Waldoberböden ausreichend Werte über der Bestimmungsgrenze vor, deren Konzentration liegt für das Isomer pp-DDD deutlich unter dem des Hauptmetaboliten DDE. Aus dem Verhältnis der Metaboliten zum DDT wird in der Literatur auf die Dauer der zurückliegenden Anwendung geschlossen.



**Abbildung 10: Boxplot der Verteilung der gemittelten Konzentrationen der Isomere des DDT und des pp-DDE in den Oberböden, gruppiert nach ihrer Bodennutzung, Ackerland (links), Grünland (mittig) und Forst (rechts)**

Aus der räumlichen Verteilung der Konzentrationshöhe und des Verhältnisses der Isomere zueinander, wird der Einfluss des individuellen DDT-Einsatzes deutlich. Die höchsten Konzentrationen wurden auf ackerbaulich genutzten Oberböden des Schwarzerdegebietes und den forstwirtschaftlich genutzten sandigen Standorten der Altmoränenlandschaft gefunden.





Bei der Betrachtung der Verhältnisse der ausgewerteten Isomere zueinander fallen ebenfalls regionale Unterschiede auf. So sind die Anteile des Metaboliten pp-DDE gegenüber dem pp-DDT in der Schwarz-erderegion deutlich größer als bei den übrigen Standorten mit vergleichbaren Konzentrationen. Das Verhältnis scheint von der Nutzungsart in Hinblick auf die Dauer der zurückliegenden Anwendung und von den durch die Bodeneigenschaften bedingten Abbauprozessen stark zu variieren.

Abbildung 11: Verhältnis des Hauptmetaboliten pp DDE zu den DDT-Isomeren

## 4. Zusammenfassung

Auf Grundlage der Daten der Boden-Dauerbeobachtung konnten für das Land Sachsen-Anhalt erstmals Hintergrundwerte für organische Schadstoffe in den Oberböden des ländlichen Raumes ausgewertet werden.

Als positiv hat sich dabei das standardisierte Probennahmeverfahren, welches seit 25 Jahren angewendet wird, erwiesen. Die auf der Fläche parallel genommenen Proben sowie die über die Jahre stattfindenden Wiederholungsmessungen bieten eine geeignete Basis für statistische Auswertungen. Es hat sich gezeigt, dass auf Grundlage einzelner Proben nur schwer eine Aussage über die Konzentrationen von organischen Schadstoffen eines Standortes erfolgen kann.

Die Ergebnisse der verschiedenen organischen Stoffgruppen, die in der Untersuchung auf den BDF des ländlichen Raumes begrenzt sind, geben erste quantitative (Konzentrationshöhe) und qualitative (Kongenerenmuster) Hinweise zu den Einträgen und der Anreicherung in den Oberböden. In diesem Zusammenhang konnten quantitative Unterschiede in der Konzentrationshöhe zwischen den einzelnen Bodennutzungen herausgearbeitet werden. Die für einzelne Stoffgruppen bestehenden qualitativen Unterschiede konnten hingegen nicht in einen Zusammenhang mit bekannten Standortfaktoren gebracht werden.

Die für alle Stoffgruppen festgestellten Konzentrationsunterschiede der Hintergrundwerte zwischen den einzelnen Nutzungsarten sind im Wesentlichen das Resultat der Intensität der Bodenbearbeitung und damit auch der unterschiedlichen Mächtigkeit der Oberböden. Die atmosphärischen Depositionen werden in Folge der Bodenbearbeitung, die auf den Ackerstandorten häufiger durchgeführt wird, in den Oberboden eingearbeitet. Infolge der ständigen Durchmischung sind die Konzentrationen der Ackerstandorte deutlich geringer als die der anderen Bodennutzungen. Eine Besonderheit stellt in diesem Zusammenhang das DDT und dessen Metabolite dar. Die Einträge auf die Flächen sind individuell erfolgt und beschränken sich überwiegend auf Acker- und Forststandorte.

Mit Ausnahme der PAK konnten für alle Stoffgruppen standortabhängige qualitative Unterschiede in der Zusammensetzung festgestellt werden. Dies kann als ein Hinweis auf eine kleinräumige Streuung der Schadstoffquellen interpretiert werden und deutet in Hinblick auf die Ableitung von Hintergrundwerten organischer Schadstoffe auch auf die begrenzte Aussagekraft dieser hin. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die Besonderheit des DDT und deren Anwendung verwiesen. Die qualitativen Unterschiede der untersuchten Standorte sind das Resultat unterschiedlicher zeitlicher Anwendung und standortabhängiger Bedingungen der Metabolisierung.

Die qualitativen Unterschiede treffen nicht nur für die Zusammensetzung einer Stoffgruppe zu, sondern sind auch in Hinblick auf die Konzentrationsniveaus der Stoffgruppen einzelner Standorte zu verstehen. Demzufolge kann auf Grundlage der Untersuchung kein verallgemeinernder Index für organische Schadstoffe herausgearbeitet werden.

Die vorgefundenen Konzentrationen der untersuchten organischen Stoffe in Oberböden des Landes entsprechen dem Wertebereich der Hintergrundgehalte anderer Bundesländer für den ländlichen Raum (LABO 2003).

## 5. Fazit

### **Was sagen die Hintergrundwerte über die Verbreitung von organischen Schadstoffen im Land aus?**

Die erstmalige Ermittlung von Hintergrundwerten für das Land Sachsen-Anhalt bietet Orientierungswerte für Konzentrationsniveaus ausgewählter organischer Stoffe. Grundlage der statistisch berechneten Hintergrundwerte sind Untersuchungsergebnisse von Oberbodenproben auf 62 land- und forstwirtschaftlich genutzten BDF des ländlichen Raumes. Davon ausgenommen sind Siedlungs- und Industriegebiete sowie die Überflutungsflächen der Flussläufe.

### **Gibt es Rückschlüsse für das Monitoring auf den BDF?**

Die Ergebnisse und die Ableitung von Hintergrundwerten zeigen, dass die durch die Analytik definierten Bestimmungsgrenzen einen wesentlichen Einfluss auf die Statistik haben können. Für einzelne Stoffe (HCH, HCB, PAK) lagen die Bestimmungsgrenzen für die Mehrzahl der untersuchten Proben über den gemessenen Konzentrationen.

Die parallele Beprobung einzelner Standorte brachte die für die Statistik notwendige Aussagesicherheit im Stichprobenumfang, diese Praxis ist weiter zu verfolgen. Für die Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzodioxine und -furane und der dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle fehlen diese parallelen Beprobungen bisher.

### **Wie sind die Daten im Vergleich zu anderen in Deutschland erhobene Hintergrundwerte einzuordnen?**

Vergleichbare Auswertungen zur Ableitung von Hintergrundwerten für organische Schadstoffe wurden in den einzelnen Bundesländern bisher ebenfalls an BDF oder aber auf Grundlage einer landesweiten Rasterbeprobung durchgeführt. Die in dieser Auswertung ermittelten Hintergrundwerte ergaben für die ausgewählten Stoffe ein vergleichbares Konzentrationsniveau. Es konnte kein Parameter ermittelt werden, der sich von den Untersuchungen anderer Länder deutlich unterscheidet.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass die ermittelten Konzentrationsniveaus zum Teil dicht an der Bestimmungsgrenze liegen. Der Einfluss der analytischen Rahmenbedingungen ist bei dem Vergleich von organischen Hintergrundwerten kritisch zu hinterfragen.

### **Können die Hintergrundwerte in die Fläche übertragen werden?**

Eine Übertragung auf Grundlage der Nutzungsarten ist nicht möglich. Regionale und lokale Zusammenhänge können mit dem weitmaschigen Beobachtungsnetz der BDF nicht beschrieben werden. Aus der Auswertung geht auch hervor, dass die Stoffzusammensetzungen und die Höhe der Konzentration sich kleinräumig ändern können.

### **Welche Hinweise geben die Hintergrundwerte für den Bodenschutzvollzug?**

Die abgeleiteten Hintergrundwerte liegen deutlich unterhalb der Vorsorgewerte nach BBodSchV, Anhang 2. Eine Ermittlung und Abgrenzung von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden nach § 12 Abs. 10 BBodSchV ist auf der gegebenen Datengrundlage nicht möglich.

Da sich die Höhe der Konzentrationen kleinräumig ändern kann, dienen die ermittelten Werte als eine orientierende Angabe des Hintergrundwerteniveaus. Im Einzelfall sind weitere Sachverhaltsermittlungen unter Einbeziehung der zuständigen Behörde, i. d. R. der unteren Bodenschutzbehörde, erforderlich. Die Vorgaben der BBodSchV, Anhang 1, sind dabei zu berücksichtigen.

Vor dem Hintergrund des unterschiedlichen Planungs- und Entscheidungsbedarfes sind die siedlungsnahen Flächen für den Bodenschutzvollzug von größerer Relevanz als die untersuchten Nutzungsarten (Land- und Forstwirtschaft). Eine Übertragung der Hintergrundwerte auf andere Nutzungsarten ist nicht möglich.

## Literaturverzeichnis

Ad hoc AG Boden-Dauerbeobachtung, LABO (1999): Boden-Dauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen

[Ausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt zum Bundes-Bodenschutzgesetz](#), BodSchAG LSA (2002)

[Bundes-Bodenschutzgesetz](#), BBodSchG (1998)

[Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung](#), BBodSchV (1999)

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, BBSR (2012): Laufende Raumbbeobachtung – Raumabgrenzungen (Verdichtungsräume)  
(<http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbbeobachtung/Raumabgrenzungen/Verdichtungsraeume/verdichtungsraeume.html>)

Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden

([https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text\\_4e3.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text_4e3.pdf))

Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO (2003): Anhang Tabellen der Hintergrundwerte für Böden ([https://www.labo-deutschland.de/documents/Hintergrundwerte\\_Anhang\\_a79.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Hintergrundwerte_Anhang_a79.pdf))

DIN ISO 19258:2006-05. Bodenbeschaffenheit - Leitfaden zur Bestimmung von Hintergrundwerten

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, LAGB (2014): Bodenbericht 2014 - Grundlagen, Parameter und Hintergrundwerte

([http://www.lagb.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/LaGB/boden/pdf/bodenbericht\\_2014.pdf](http://www.lagb.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/LaGB/boden/pdf/bodenbericht_2014.pdf))

## Anhang

Tabelle 1: Angewendete Methoden der untersuchten Parameter, sowie ihre Bestimmungsgrenzen und analytische Messunsicherheit

Parameter	Methode	Bestimmungsgrenze	Messunsicherheit
PAK	DIN38414-23, ab 2010 DIN ISO 13877 Teil B	5 µg/kg	34 %
PCB	DIN 38407-3 F3, ab 2011 DIN 38414-20	0,002 – 3,33 µg/kg	30 %
dl-PCB	DIN 38407-3	0,001 – 0,1 ng/kg	30 %
HCH, HCB, DDT, DDE, DDD	DIN 38407-2 F2, ab 2011 DIN 38414-20	0,5 µg/kg	34 %
PCDD, PCDF	DIN 38414-24	0,004 – 0,1 ng/kg	30 %

Tabelle 2: Beprobte Tiefenstufen und die resultierende Probenanzahl in Abhängigkeit von der Bodennutzung und der untersuchten Parameter

Parameter	Nutzungsart	Organischer Auflagehorizont, cm <u>über</u> Mineralbodenoberfläche	Tiefenstufe 1, cm <u>unter</u> Mineralbodenoberfläche	Tiefenstufe 2, cm <u>unter</u> Mineralbodenoberfläche	Probenanzahl je Fläche und Termin
PAK, PCB <sub>6</sub> , HCH, HCB, DDT, DDE, DDD	Ackerland	-	0 - 10	10 – Ug Ap	8
	Grünland	-	0 - 10	10 - 20	8
	Forst	> 0	0 - 10	10 - 20	12
PCDD/F, dl-PCB	Ackerland	-	10 – Ug Ap		1
	Grünland	-	0 – 10		1
	Forst	> 0	0 - 5		2

Tabelle 3: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter ackerbaulicher und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50. Perzentil) und höhere (90. Perzentil) Konzentrationen der Kongenere und Toxizitätsäquivalente der Dioxine und Furane

Typ A	ng/kg	Ackerland n = 38 32 BDF		Forst n = 29 22 BDF	
		50.P	90.P	50.P	90.P
2,3,7,8-TCDD		0,4	1,6	0,5	1,1
1,2,3,7,8-PeCDD		0,8	3,1	1,4	3,4
1,2,3,4,7,8-HxCDD		1,3	6,6	1,9	4,2
1,2,3,6,7,8-HxCDD		1,0	4,9	2,5	5,0
1,2,3,7,8,9-HxCDD		1,1	7,4	2,5	6,5
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD		9,1	22,1	20,0	42,2
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD		55,3	135	91,3	260
2,3,7,8-TCDF		1,1	3,6	4,7	13,0
1,2,3,7,8-PeCDF		1,2	5,2	4,8	15,8
2,3,4,7,8-PeCDF		1,2	6,4	5,2	16,1
1,2,3,4,7,8-HxCDF		2,3	6,9	7,2	20,2
1,2,3,6,7,8-HxCDF		1,3	5,9	4,1	15,8
1,2,3,7,8,9-HxCDF		0,3	3,4	1,1	2,6
2,3,4,6,7,8-HxCDF		1,4	6,2	3,3	15,0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF		7,4	37,3	26,2	90,9
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF		1,4	15,5	3,1	10,0
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF		12,6	75,2	46,9	155
I-TEQ(NATO/CCMS) inkl. BG		3,1	10,8	7,2	21,8
I-TEQ(NATO/CCMS) exkl. BG		1,9	8,3	7,2	21,4

Tabelle 4: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter ackerbaulicher und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50. Perzentil) Konzentrationen der Kongenere und Toxizitätsäquivalente der dioxinähnlichen PCB (dIPCB)

Typ A	ng/kg	Ackerland n = 19 19 BDF		Forst n = 18 18 BDF	
		50. P	90. P	50. P	90. P
PCB 77		2,5		37,4	
PCB 81		0,3		2,3	
PCB 105		23		157	
PCB 114		1,3		10,2	
PCB 118		77		469	
PCB 123		2,7		10,2	
PCB 126		1,6		11,2	
PCB 156		44		158	
PCB 157		7,0		32,5	
PCB 167		23		90	
PCB 169		0,74		4,55	
PCB 189		6		30	
TEQ inkl. BG (WHO-2005)		0,2		1,5	
TEQ exkl. BG (WHO-2005)		0,2		1,5	

Tabelle 5: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50. Perzentil) und höhere (90. Perzentil) Konzentrationen der sechs Kongenere der polychlorierten Biphenyle (PCB) und deren Summe (PCB<sub>6</sub>)

Typ A	µg/kg	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	Σ PCB <sub>6</sub>
Ackerland n = 406 31 BDF	50.P	0,12	0,16	0,14	0,31	0,37	0,25	1,47
	90.P	0,44	0,61	1,10	1,08	1,80	0,64	5,90
Grünland n = 116 9 BDF	50.P	0,16	0,43	0,46	0,93	1,28	0,46	4,90
	90.P	0,75	0,96	1,44	2,09	3,54	1,28	10,8
Forst n = 140 22 BDF	50.P	0,15	0,26	0,64	1,70	2,02	0,86	6,38
	90.P	0,46	1,05	1,46	4,60	5,50	2,61	25,5

Tabelle 6: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50. Perzentil) und höhere (90. Perzentil) Konzentrationen der Kongenere der polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und deren Summe (PAK<sub>11</sub> und PAK<sub>16</sub>)

Typ A	µg/kg	Naphthalen	Acenaphthylen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren	Benzo(a)anthracen	Chrysen	Benzo(b)fluoranthren	Benzo(k)fluoranthren	Benzo(a)pyren	Dibenz(a,h)anthracen	Benzo(ghi)perylen	Indeno(123-cd)pyren	Σ PAK <sub>11</sub> (exkl. BG)	Σ PAK <sub>16</sub> (inkl. BG)
Ackerland n = 405 31 BDF	50. P	19	< 5	< 5	< 5	33	< 5	32	26	10	10	13	6	6	< 5	7	7	168	188
	90. P	33	-	< 5	-	53	-	50	56	17	15	22	10	16	-	16	16	289	-
Grünland n = 60 9 BDF	50. P	24	< 5	< 5	< 5	35	< 5	31	26	8	9	14	7	9	< 5	11	9	198	218
	90.P	81	-	-	-	191	-	237	144	30	72	65	32	32	-	38	41	956	-
Forst n = 112 22 BDF	50. P	37	< 5	< 5	< 5	84	< 5	59	46	14	24	32	12	12	< 5	13	14	345	365
	90. P	70	-	-	-	150	-	183	119	32	93	126	31	28	-	41	40	835	-

Tabelle 7: Abgeleitete Hintergrundwerte für den ländlichen Raum, Oberböden unter land- und forstwirtschaftlicher Nutzung, mittlere (50. Perzentil) und höhere (90. Perzentil) Konzentrationen des Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und deren Metabolite (DDE und DDD)

Typ A	mg/kg	op-DDT	pp-DDT	op-DDD	pp-DDD	op-DDE	pp-DDE
Ackerland n = 406 31 BDF	50.P	0,001	0,007	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,008
	90.P	0,004	0,018	-	-	-	0,032
Grünland n = 59 9 BDF	50.P	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,001
	90.P	0,002	0,009	-	-	< 0,0005	0,006
Forst n = 123 22 BDF	50.P	0,001	0,003	< 0,0005	0,001	< 0,0005	0,005
	90.P	0,005	0,021	-	0,006	-	0,020



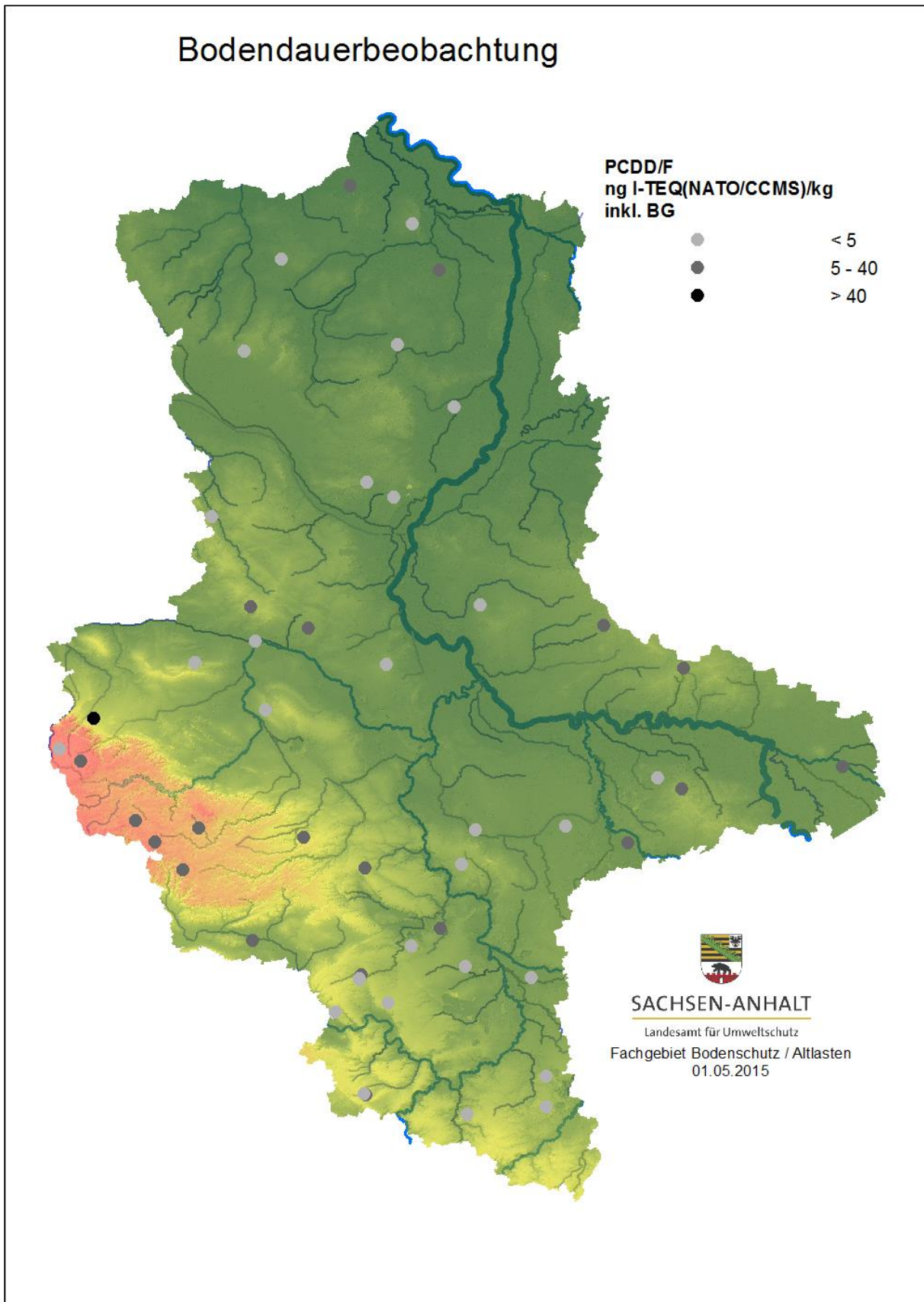


Abbildung 12: Verteilung der Konzentrationshöhen nach den Richtwerten der der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Dioxine

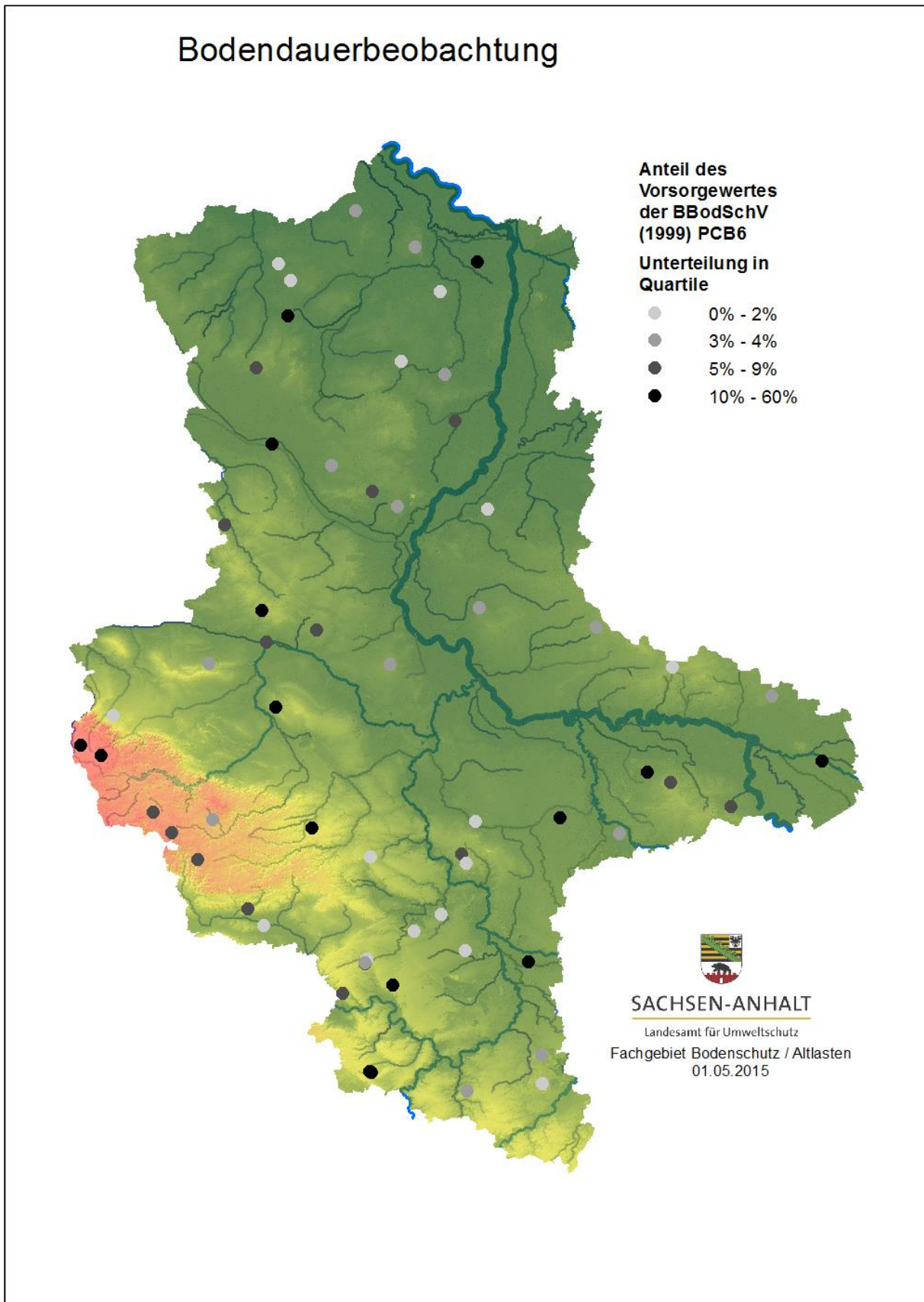


Abbildung 13: Verteilung der PCB<sub>6</sub>-Konzentration als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV

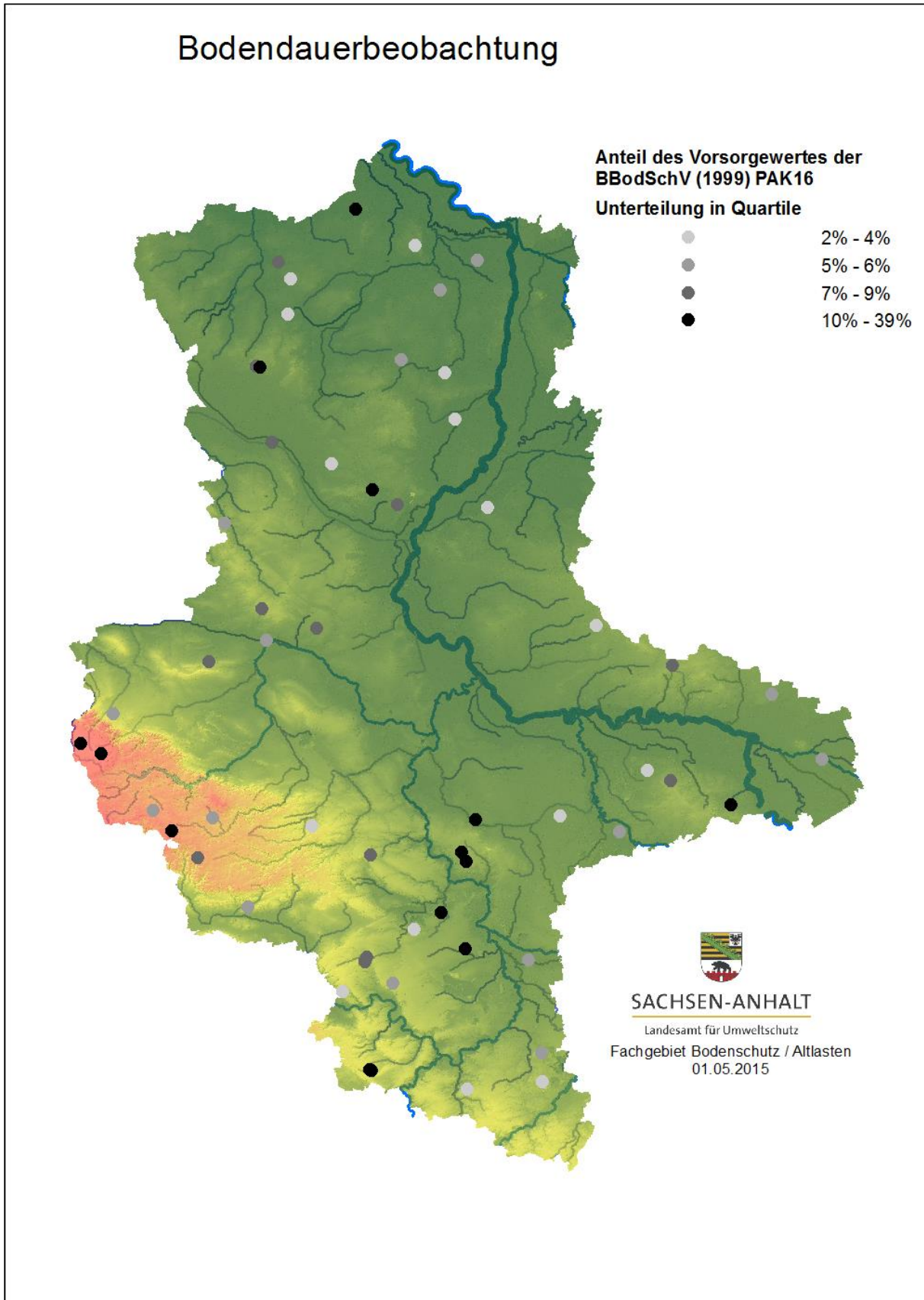


Abbildung 14: Verteilung der PAK<sub>16</sub>-Konzentration als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV



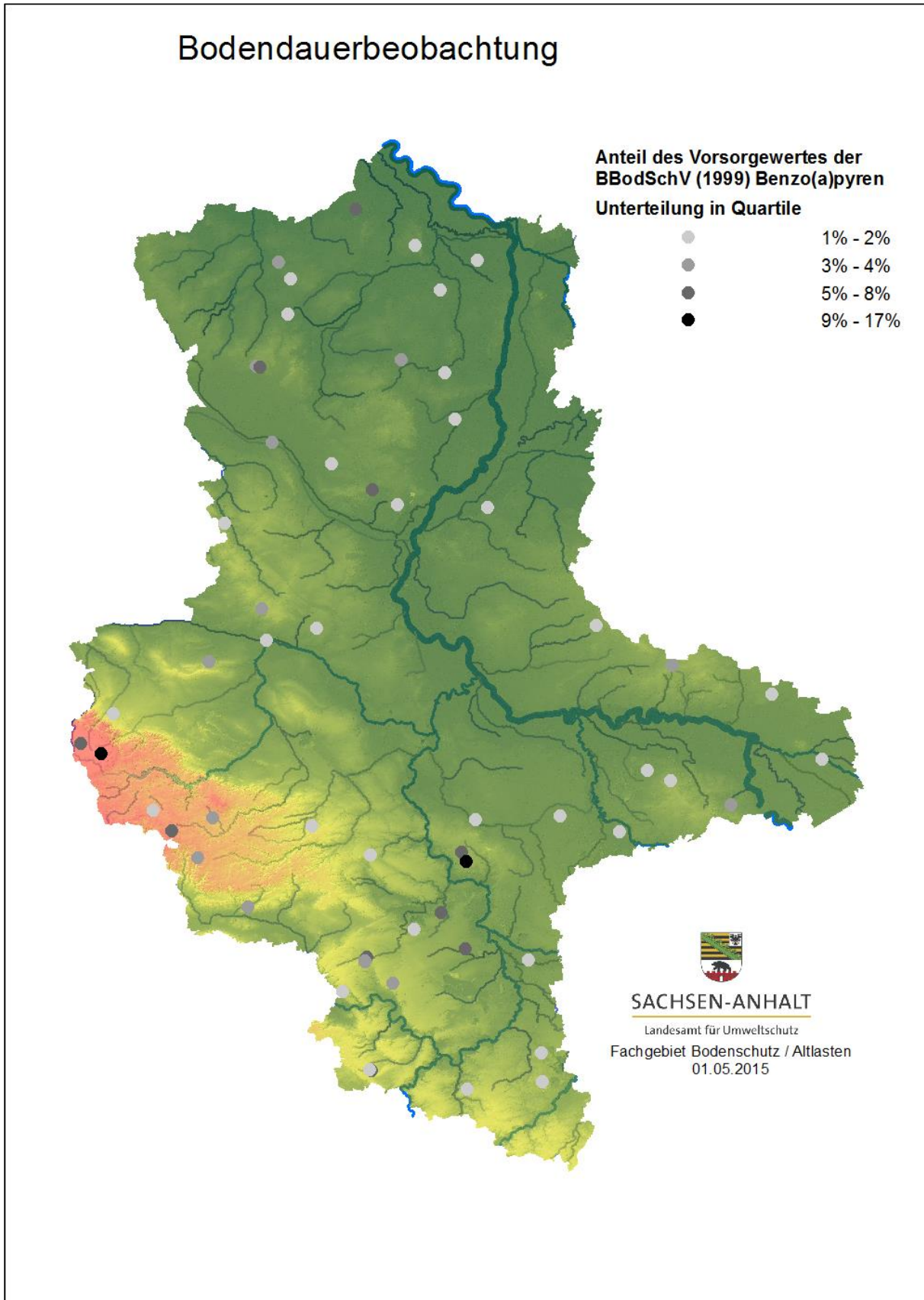


Abbildung 15: Verteilung der Benzo(a)pyren-Konzentrationshöhe als Anteil des Vorsorgewertes der BBodSchV