



Adresse: D 24148 Kiel  
Rehsenweg 75  
Telekommunikation via AD+L Zentrale  
Tel. ++49 +431 720500  
Fax. ++49 +431 720540  
e-mail: ADL-Zentrale@t-online.de  
www.bsd-bodenschutzdienst-gmbh.de

## **Ergebnisbericht: Bodenuntersuchungen im östlichen Umfeld der Sonderabfalldeponie Rondeshagen - 2013 -**

### **- Langfassung -**

#### **Vorbemerkung:**

Bei den Untersuchungen für das Jahr 2013 sind dem beauftragten Labor, dem ZfD (Zentrum für Dioxinanalytik) in einem ersten Messdurchlauf Fehler unterlaufen. Das ZfD ist auf Dioxinanalytik an Bodenproben spezialisiert und als akkreditiertes Labor bundesweit anerkannt. Es ist ein Partnerlabor von AGROLAB in Kiel (als Nachfolgeunternehmen der LUFA-ITL GmbH, die die Analytik 2009 durchgeführt hat).

Der BSD als Gutachter hat das Labor bereits unmittelbar nach Erhalt der Ergebnisse des 1. Messdurchlaufs auf Unterschiede u.a. in den Bestimmungsgrenzen zu den Messungen von 2009 hingewiesen. Erst mit der Vorlage der Ergebnisse in der Berichtskurzfassung vom 05.12.2013 konnte der BSD in Abstimmung mit der schleswig-holsteinischen Aufsichtsbehörde, dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR), Wiederholungsmessungen des Labors an Rückstellproben erwirken.

Damit existierten zwei Prüfberichte des akkreditierten Labors, deren Ergebnisse vom BSD in der ergänzten Berichtskurzfassung vom 12.05.2014 vorgelegt wurden. Auf weitere Nachfragen des BSD und des LLUR hat das Labor schließlich eine 3. Messung durchgeführt, deren Ergebnisse die Werte der 2. Messung bestätigt haben. Das Labor hat die Fehler des 1. Messdurchlaufs eingeräumt und deren Ergebnisse offiziell zurückgezogen. In der vorliegenden Langfassung sind daher nur noch die Ergebnisse des 2. Messdurchlaufs dargestellt. Diese Langfassung ersetzt die beiden bereits vorliegenden Berichtskurzfassungen.

Die Gutachter des BSD bedauern die Verunsicherungen, die insbesondere beim Amt Berkenthin als Auftraggeber, sowie bei den beteiligten Gemeinden und den betroffenen Bürgern entstanden sind. Gleichwohl hat der BSD diese nicht zu verantworten. Aus der Sicht des BSD gab es keine Alternative zur Klärung der offenen Sachverhalte, als die der offensiven Vorlage der beiden nun überholten Berichtskurzfassungen.

Durch den erheblichen zeitlichen Mehraufwand im Rahmen des vorgegebenen Angebotspreises zählt der BSD ohnehin selbst zu den Betroffenen.

Im Auftrag vom  
**Amt Berkenthin**

Am Schart 16  
23919 Berkenthin

Kiel, 18.07.2014



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen zu Dioxinen und Furanen.....</b>	<b>5</b>
2.1	Stoffgruppe und Ursprung .....	5
2.2	Toxizität.....	5
2.3	Eintragungspfade und Verhalten im Boden.....	5
2.4	Aufnahme von Dioxinen durch Pflanzen, Tieren und Menschen .....	6
<b>3</b>	<b>Standortauswahl .....</b>	<b>6</b>
3.1	Beprobungsräume in Rondeshagen.....	6
3.2	Beprobungsräume in Berkenthin.....	8
<b>4</b>	<b>Methodik der Probenahme .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>11</b>
5.1	Übersicht zu bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten für Dioxine und Furane .....	11
5.2	Zusammenstellung der Ergebnisse der Untersuchung von 1993 .....	16
5.3	Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane 1993, 2009 und 2013.....	18
5.4	Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane mit bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten .....	19
5.5	Bezug der Befunde für Dioxine und Furane zur Sonderabfalldeponie .....	20
5.6	Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane mit Richtwerten.....	21
5.7	Auswertung der Verteilungsmuster der einzelnen Dioxin- und Furanverbindungen.....	22
5.8	Befunde für dioxinähnliche PCB.....	24
5.9	Vergleich der Befunde für Dioxine und dioxinähnliche PCB mit den ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ des LLUR-SH.....	25
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung, Fazit und Empfehlung .....</b>	<b>26</b>

## Anlagenverzeichnis

1. Lage der Beprobungsräume
2. Fotodokumentation der Beprobungsräume
3. Beprobungsprotokolle 2013
4. Laborprüfberichte 2013
5. Ergebnisbericht der Untersuchung von 1993



## Quellenangaben

- Q1 Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein (1994): Bericht über Dioxin- und Furangehalte von Oberböden im Umfeld der Sondermülldeponie Rondeshagen, Autor: H.-K. Siem
- Q2 Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein: Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein, (Stand Mai 2009)
- Q3 Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (2009): Untersuchung von Böden Schleswig-Holsteins auf PCDD/PCDF und dioxinähnliche PCB (dl-PCB), Autor: A. Zeddel
- Q4 Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (2011): Hintergrundwerte stofflich gering beeinflusster Böden Schleswig-Holsteins  
[http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/03\\_BodenzustandUntersuchung/03\\_Bodenbelastungskataster/PDF/Hintergrundwerte\\_blob=publicationFile.pdf](http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/03_BodenzustandUntersuchung/03_Bodenbelastungskataster/PDF/Hintergrundwerte_blob=publicationFile.pdf)
- Q5 Landesvermessungsamt Schleswig Holstein: Auszug aus der Topographischen Karte 1:25.000 (TK25) und der Deutschen Grundkarte 1:5.000 (DGK 5)
- Q6 Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden der staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
- Q7 Blume, H.-P. (Hrsg.) (2004): Handbuch des Bodenschutzes, ecomed Verlag, 3. Aufl.
- Q8 Umweltbundesamt (2005): Chemikalienpolitik und Schadstoffe - Dioxine,  
<http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm>
- Q9 Bund-Länder-Kooperation (Stand Mai 2014): Webservice, <http://www.pop-dioxindb.de>
- Q10 Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine (2007): DIOXINE Daten aus Deutschland, Dioxin-Referenzmessprogramm, 5. Bericht der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine  
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3328.pdf>
- Q11 Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Boden (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage,  
[https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text\\_4e3.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-HGW-Text_4e3.pdf)

## Abkürzungen

BBKSH	Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein
LLUR-SH	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
PCDD	chlorierte Dibenzo-p-Dioxine („Dioxine“)
PCDF	chlorierte Dibenzofurane („Furane“)
dl-PCB	dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (dioxin-like PCB)
TEF	Toxizitätsäquivalenzfaktoren
TEQ	Toxizitätsäquivalente (I-TEQ: Internationale Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS - North Atlantic Treaty Organisation / Committee on Challenges in Modern Society (1988) (nur für Dioxine und Furane); WHO-TEQ: von der Weltgesundheitsorganisation auch für dl-PCB festgelegte Toxizitätsäquivalente (1998))
1 ng	1 Nanogramm $10^{-9}$ g (1 Milliardstelgramm, als Zahl 0,000 000 001 g)
TS	Trockensubstanz



## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Sonderabfalldeponie (SAD) Rondeshagen mit ihren Betriebsprozessen (u. a. Antransport/ Abkippen/ Umlagern/ Ablagern/ Einbauen von Sonderabfall) wird als potenzielle Quelle von Problemstoffen angesehen, die in die Böden und andere Schutzgüter der Umgebung gelangen können.

Erstmals wurden **1993** im Rahmen des vom Geologischen Dienst Schleswig-Holstein geführten Bodenbelastungskatasters<sup>1</sup> (BBKSH) zur Beweissicherung und Vorsorge im Auftrag des Deponiebetreibers Oberböden im Umfeld der Sonderabfalldeponie beprobt und auf Dioxine/Furane analysiert. In dem Untersuchungsbericht /Q1/ wurden die Ergebnisse wie folgt beurteilt: *„Eine Zuweisung der ermittelten Dioxin- und Furangehalte und der Kongenerenmuster zur Deponie als Quelle ist nicht möglich. ... Die Ergebnisse erfordern keine nutzungsbezogenen Maßnahmen. Eine weitere Beobachtung auf Grundlage des eingerichteten Bodenanalysennetzes wird jedoch als sinnvoll erachtet und empfohlen.“*

Im Frühjahr **2009** wurde mit diesem Hintergrund der BODENSCHUTZDIENST (BSD GmbH) von den Gemeinden Rondeshagen und Berkenthin beauftragt, jeweils an drei Standorten ihrer Gemeindegebiete im östlichen Umfeld der Sonderabfalldeponie die Oberböden nach dem Verfahren des BBKSH (s.o.) zu beproben und auf die ökotoxikologisch bedeutende Stoffgruppe der „Dioxine“ und „Furane“ sowie der dioxinähnlichen PCB (Polychlorierte Biphenyle) zu untersuchen. Dabei sollte möglichst ein Standort identisch sein mit der Untersuchung von 1993.

Die Analysen ergaben nur sehr geringe Differenzen zu den in 1993 ermittelten Messwerten. In dem Ergebnisbericht des BSD von 2009 wurde u.a. empfohlen die Belastungssituation im Umfeld der Sonderabfalldeponie auch zukünftig weiter zu beobachten, mit einem anzustrebenden Untersuchungsintervall von drei bis fünf Jahren.

Auf der Grundlage dieser Empfehlung und mit der Zielsetzung des Aufbaus eines Monitorings zur Absicherung der Befunde beauftragte das Amt Berkenthin den BSD im Frühjahr **2013** mit einer Folgeuntersuchung der bereits 2009 auf Dioxin- und Furangehalte analysierten Oberböden von den 6 Standorten im östlichen Umfeld der Sonderabfalldeponie.

Der vorliegende Bericht stellt die Messdaten der Untersuchung von 2013 dar und zieht einen Vergleich mit den Befunden der Jahre 1993 und 2009. Informationen u.a. zu den Grundlagen der Stoffgruppe der Dioxine und Furane, der Standortauswahl, der Auswertung der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder sowie des Bodenbelastungskatasters in Schleswig-Holstein wurden aus den Berichten von 2009 für die Gemeinden Rondeshagen und Berkenthin übernommen und durch neuere Veröffentlichungen aktualisiert.

<sup>1</sup> Das BBKSH (Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein) wird seit 1990 geführt und erhebt Daten zur typischen Belastungssituation der Böden in Schleswig-Holstein /Q4/.



## 2 Grundlagen zu Dioxinen und Furanen

### 2.1 Stoffgruppe und Ursprung

Als „Dioxine“ werden im Sprachgebrauch polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) bezeichnet. Sie gehören zur Gruppe der halogenierten aromatischen Kohlenwasserstoffe und treten immer als Gemische von Einzelverbindungen (Kongenere) unterschiedlicher Zusammensetzung auf. Sie sind fast ausschließlich anthropogenen Ursprungs und entstehen als unerwünschte Nebenprodukte einer Vielzahl industrieller Synthesen und thermischer Prozesse (z. B. Müllverbrennung) /Q4+Q7-Q9/.

### 2.2 Toxizität

Für die toxikologische Beurteilung der Dioxine sind 17 Verbindungen (7 Dioxine, 10 Furane) relevant. Das toxischste davon ist das nach dem Chemieunfall in Seveso im Mai 1976 auch als „Seveso-Gift“ bekannt gewordene 2,3,7,8 Tetrachlor-Dibenzo-p-Dioxin (2,3,7,8 TCDD). Es gehört zu den giftigsten anthropogenen Substanzen überhaupt. Die toxische Wirkung der übrigen Dioxin- und Furanverbindungen wird mit diesem über definierte Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) in Relation gesetzt. Aus den Konzentrationen der 17 Einzelverbindungen wird auf der Grundlage dieser Faktoren (zwischen 0,001 und 0,5, je nach toxischer Wirkung) ein Toxizitätsäquivalent (TEQ) berechnet, das der toxischen Wirkung einer vergleichbaren Menge des 2,3,7,8 TCDD entspricht /Q8+Q9/.

Es gibt unterschiedliche Bewertungen der Toxizitäten der Einzelverbindungen und infolge dessen unterschiedliche Berechnungen der Toxizitätsäquivalente. Bei rechtlichen Regelungen im Umweltbereich wird auf die *Internationale Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) nach NATO/CCMS - North Atlantic Treaty Organisation / Committee on Challenges in Modern Society* (1988) zurückgegriffen /Q8+Q9/.

Eine Fortentwicklung, die auch für dioxinähnliche PCP (Polychlorierte Biphenyle, 12 Einzelverbindungen) Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) vorsieht, wurde 1998 von der WHO eingeführt (*WHO-TEQ World Health Organisation*). Die TEF für die Dioxine und Furane wurden dabei im Vergleich zur NATO-Liste von 1988 entsprechend neuerer Erkenntnisse nur geringfügig geändert /Q8+Q9/.

### 2.3 Eintragspfade und Verhalten im Boden

Abgesehen von direkten örtlichen Einträgen über Klärschlämme und ggf. Bioabfälle und Biozide gelangen Dioxine und Furane vor allem über den Luftpfad großflächig in die Böden und in die Nahrungskette. Der Lufteintrag erfolgt über die nasse, feuchte und trockene Deposition (Ablagerung), wobei ein Zusammenhang zwischen der Hauptwindrichtung und der Emissionsquelle besteht. Aufgrund der vergleichsweise hohen Photostabilität der an Staubpartikeln sorbierten (angelagerten) Dioxine und Furane können diese über Tausende von Kilometern transportiert werden /Q7/.

Das Verhalten von Dioxinen und Furanen in der Umwelt und in den Böden wird bestimmt durch deren sehr geringe Wasserlöslichkeit und geringe Flüchtigkeit sowie durch ihre sehr



hohe Stabilität und Langlebigkeit. Dioxine und Furane können sehr stark an Bodenpartikeln sorbiert werden, vor allem an Humus /Q4+Q7/.

Aufgrund der genannten Eigenschaften werden Dioxine und Furane im Boden als annähernd immobil angesehen. Allerdings sind Umlagerungen durch Bioturbation (Durchmischen des Bodens durch Bodentiere, z. B. Regenwürmer) und Bodenbearbeitung möglich. An der Bodenoberfläche können Verlagerungen auch durch Wind- und Wassererosion erfolgen /Q7/.

Als Halbwertszeiten für Dioxine und Furane unter Feldbedingungen im Oberboden werden 9-15 Jahre und im Unterboden 25-100 Jahre angenommen /Q7/. Dioxin-/Furangehalte im Boden spiegeln damit die kumulierte atmosphärische Deposition über Zeiträume von mehreren Jahren bis Jahrzehnten wider.

## 2.4 Aufnahme von Dioxinen durch Pflanzen, Tieren und Menschen

Dioxine und Furane werden mit wenigen Ausnahmen (Zucchini und Möhren) kaum von Nahrungspflanzen aufgenommen. Sie gelangen durch außen an Gemüsepflanzen oder Gräsern anhaftende Boden- oder Staubpartikel in die Nahrungskette. 90-95% der von Menschen aufgenommenen Dioxine und Furane gelangen über die Nahrungsaufnahme in den Körper. Durchschnittlich zwei Drittel davon stammen aus dem Verzehr tierischer Produkte /Q8/.

## 3 Standortauswahl

### 3.1 Beprobungsräume in Rondeshagen

Bei der Auswahl der Standorte für die *Gemeinde Rondeshagen* stand nicht das eigentliche Siedlungsgebiet im Vordergrund, sondern Bereiche mit guten Bedingungen für die Deposition (Ablagerung) und Akkumulation (Anreicherung) von Schadstoffausträgern aus der Deponie. Unter der Annahme, dass eine Gefährdung der Schutzgüter im Umfeld der Deponie vornehmlich durch den Eintrag von schadstoffbelasteten Stäuben über den Luftpfad gegeben ist (s. Kap. 2), sollten die Standorte möglichst die folgenden Bedingungen erfüllen:

- sie sollten in geringer Entfernung und
- in Hauptwindrichtung (Lee-Position) zur Deponie
- sowie im Einflussbereich von Windhindernissen liegen, die eine Filterwirkung für Stäube aufweisen (wie Geländekanten mit Vegetationsstreifen wie z. B. Knicks, bei denen es zu Luftverwirbelungen und verstärkten Staubablagerungen kommen kann).

Dabei sollten keine aktuell überformten Standorte beprobt werden oder solche, deren Oberböden z.B. durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitung regelmäßig durchmischt werden.

Ferner sollte mindestens eine Entnahmestelle sowohl hinsichtlich der Lage als auch der Beprobungstiefe und des Beprobungshorizontes möglichst identisch mit einer Entnahmestelle der Untersuchung von 1993 sein.

Entsprechend dieser Überlegungen wurden bei einer Besprechung und Ortsbegehung im Januar 2009 in der Gemeinde Rondeshagen drei Probenahmeräume ausgewählt, die in der



folgenden Übersicht 1 dargestellt sind (siehe auch die Karten in Anlage 1). Bei der Standortauswahl waren Vertreter der Gemeinde Rondeshagen, der „Bürgervereinigung gegen die Giftmülldeponie Rondeshagen-Groß Weden e.V.“ und des BSD beteiligt.

## Übersicht 1 Beprobungsräume in der Gemeinde Rondeshagen

### • Standort Rond 1

Lage	200 m westlich vom Gutsfriedhof
Entfernung und Lage zur Deponie	250 m in Richtung Ost-Nordost
Nutzung	seit Jahrzehnten Wald, zusammen mit dem vorgelagerten Knick (s. u.) die erste Windbarriere nordöstlich der Deponie
Zustand des Oberbodens	ungestört, keine erkennbare Wühltätigkeit von Großwild, keine erkennbare Durchforstung in den letzten Jahren
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	Kreis mit einem Radius 10 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden unter der Humusaufgabe), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	--

### • Standort Rond 2

Lage	120 m westlich vom Gutsfriedhof
Entfernung und Lage zur Deponie	300 m in Richtung Ost-Nordost
Nutzung	seit Jahrzehnten Walkknick, Ost-West ausgerichtet, direkt vor dem Wald (erste Windbarriere nordöstlich der Deponie, s. o.)
Zustand des Oberbodens	ungestört, keine Abholzung in den letzten Jahren
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	Gerade, Länge 62,80 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	--

### • Standort Rond 3

Lage	250 m nordöstlich von Klein-Weeden
Entfernung und Lage zur Deponie	500 m in Richtung Ost-Südost
Nutzung	seit Jahrzehnten Walkknick, Nord-Süd ausgerichtet, erste Windbarriere östlich und südöstlich der Deponie
Zustand des Oberbodens	ungestört, keine Abholzung in den letzten Jahren
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	Gerade, Länge 62,80 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	in Lage und Entnahmetiefe identisch mit der Entnahmestelle BBKSH Nr. 377 und daher direkt mit dieser vergleichbar



## 3.2 Beprobungsräume in Berkenthin

Im Unterschied zur Nachbargemeinde sollten die Beprobungsräume in Berkenthin in exponierter Lage innerhalb des Siedlungsgebietes in Bereichen mit sensiblen Nutzungen liegen, ebenfalls mit guten Bedingungen bzw. einem hohen Risiko für die Ablagerung und Anreicherung von Austrägen aus der Sonderabfalldeponie. Dabei sollten unterschiedliche Entfernungen zur Deponie erfasst, aber und keine aktuell überformten Standorte beprobt werden oder solche, deren Oberböden durch die Nutzung regelmäßig durchmischelt werden (z.B. durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitung).

Mit diesen Vorgaben wurden bei einer Geländebegehung im April 2009 auf dem Gemeindegebiet von Berkenthin die in der folgenden Übersicht 2 dargestellten drei Probenahmeräume festgelegt (siehe auch Anlage 1). Bei der Standortauswahl waren Vertreter der Gemeinde Berkenthin, der „Bürgervereinigung gegen die Giftmülldeponie Rondeshagen-Groß Weden e.V.“ und des BSD beteiligt.



## Übersicht 2 Beprobungsräume in der Gemeinde Berkenthin

### • Standort Berk 1

Lage	unmittelbar südlich der Sportanlage Berkenthin und nördlich der Neubausiedlung in der Von-Parkentin-Straße
Entfernung und Lage zur Deponie	1.500 m in Richtung Südost
Nutzung	seit Jahrzehnten Walkknick, mit Ost-West Ausrichtung
Zustand des Oberbodens	ungestört, keine Abholzung in den letzten Jahren
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	Gerade, Länge 62,80 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	--

### • Standort Berk 2

Lage	an der Nordgrenze des Kindergartens in der Straße Moorhof
Entfernung und Lage zur Deponie	2.150 m in Richtung Südost
Nutzung	seit Jahrzehnten Walkknick, Ost-West ausgerichtet, wird mit als Spielgelände genutzt
Zustand des Oberbodens	auf dem Wall ist die Bodenoberfläche durch Betreten gestört, die Entnahme der Proben erfolgte auf der weitgehend ungestörten Nordseite des Knicks
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	Gerade, Länge 58 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	--

### • Standort Berk 3

Lage	auf der Westseite der Kirche, unmittelbar östlich der Kanalniederung auf einer Erhebung gelegen
Entfernung und Lage zur Deponie	2.650 m in Richtung Südost
Nutzung	seit Jahrhunderten Grünfläche vor der Kirche, bis vor ca. 150 Jahren Friedhof
Zustand des Oberbodens	ungestört, keine Überformung in den letzten Jahrzehnten
Beprobungsmuster (s. Kap. 4)	abgelenkte Linie, Länge 62,80 m, Entnahmetiefe 0-5 cm (mineralischer Oberboden), 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (je 100 cm <sup>3</sup> )
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	--



## 4 Methodik der Probenahme

Die Probenahme erfolgte nach der Methodik des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein /Q1/. Dabei ist je Standort und Beprobungstiefe die Entnahme von 22 volumengleichen Einzelproben vorgesehen, die zu einer Mischprobe vereinigt werden. Die Einzelproben werden mit Hilfe von 100 cm<sup>3</sup>-Stechzylindern entnommen, sodass sich ein Bodenvolumen von 2.200 cm<sup>3</sup> ergibt. Nach Vermengung der Einzelproben werden von dem Gemisch 750 cm<sup>3</sup> für die Analytik in eine entsprechend große Braunglasflasche gefüllt.

Im Rahmen des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein werden bei Waldstandorten sowohl die Humusaufgabe als auch die oberen 5 cm des Mineralbodens beprobt. Mit den Auftraggebern wurde vereinbart auch bei Waldstandorten (s. Kap. 3) einheitlich nur die ersten 5 cm des mineralischen Oberbodens zu beproben.

Die Methodik des Bodenbelastungskatasters sieht in Abhängigkeit der Größe und der Form des zu beprobenden Standortes als Beprobungsmuster einen Kreis mit einem Radius von 5 oder 10 m oder eine Gerade mit einer Länge von 62,80 m vor.

Im ersten Fall wird der Kreisbogen in 10 gleiche Abschnitte (jeweils 36°) geteilt. Damit ergeben sich 10 Beprobungspunkte auf dem Kreisbogen und mit dem Kreismittelpunkt 11 Entnahmepunkte. An jedem Beprobungspunkt werden 2 Stechzylinderproben entnommen, sodass sich 22 volumengleiche Einzelproben ergeben.

Im Falle einer Geraden wird diese in 10 gleich lange Abschnitte geteilt, mit den Endpunkten ergeben sich wiederum 11 Beprobungspunkte, an denen ebenfalls jeweils zwei Stechzylinderproben entnommen werden.

Sollte ein die auf diese Weise bestimmter Entnahmepunkt für eine Einzelprobe auf einen offensichtlich überformten oder gestörten Bereich fallen, ist diese Entnahmestelle nach einem bestimmten Muster zu verlagern. Ebenso können die vorgegebenen Maße für den Kreis und die Gerade in einem gewissen Rahmen an die örtlichen Standortverhältnisse angepasst werden. So kann z.B. statt einer Geraden bei entsprechenden Geländebedingungen auch eine abgelenkte Linie beprobt werden.

Im Kreismittelpunkt bzw. an einer repräsentativen Position der Geraden wird eine Bohrung mittels Pürckhauer und Nutenstange bis 2 m unter Geländeoberfläche durchgeführt und nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5 /Q6/) aufgenommen. Dabei werden der Bodentyp und das Ausgangsmaterial der Bodenbildung bestimmt und auf diese Weise ermittelt, ob es sich um ortstypische Böden und Substrate handelt.

Die gesamte Methodik ist darauf ausgerichtet ein möglichst hohes Maß an Repräsentativität und Reproduzierbarkeit zu erreichen.

Im Beprobungszeitraum 2009 erfolgte die Probenahme im April und im Beprobungszeitraum 2013 im August. Laut Auskunft des Geologischen Dienstes im Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein dürften die unterschiedlichen Jahreszeiten der Probenahme keinen Einfluss auf die Dioxin- und Furankonzentrationen in den Oberböden haben.

## 5 Ergebnisse

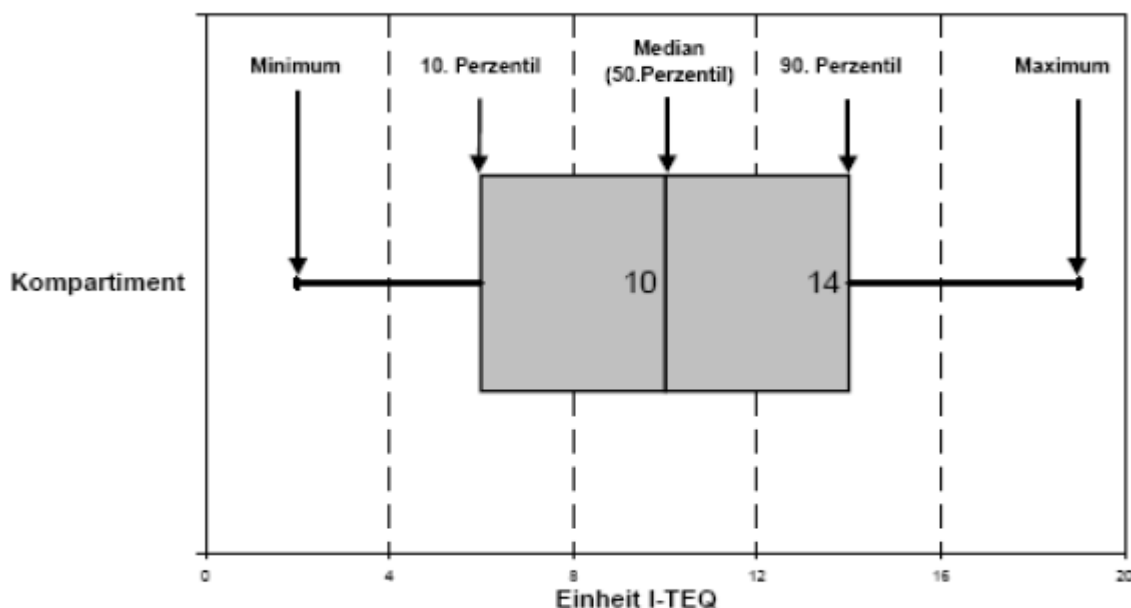
### 5.1 Übersicht zu bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten für Dioxine und Furane

Die folgenden Abbildungen mit Auswertungsergebnissen der Dioxin-POP<sup>2</sup>-Datenbank des Bundes und der Länder (Stand 2007 /Q9 und Q10/) sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein /Q3, 2009/ und der Hintergrundwerte stofflich gering beeinflusster Böden Schleswig-Holsteins /Q4, 2011/ dienen als Grundlage zur Einstufung der im Umfeld der Sonderabfalldeponie Rondeshagen in den Untersuchungen 1993, 2009 und 2013 ermittelten Dioxin-/Furankonzentrationen.

Die Abbildung 1 erläutert die nachfolgend verwendeten statistischen Kenngrößen. Die Messwerte sind in Nanogramm,  $1 \text{ ng} = 10^{-9} \text{ g}$ , internationale Toxizitätsäquivalente I-TEQ nach NATO/CCMS (s. Kap. 2.2) bezogen auf 1 kg Trockensubstanz TS angegeben.

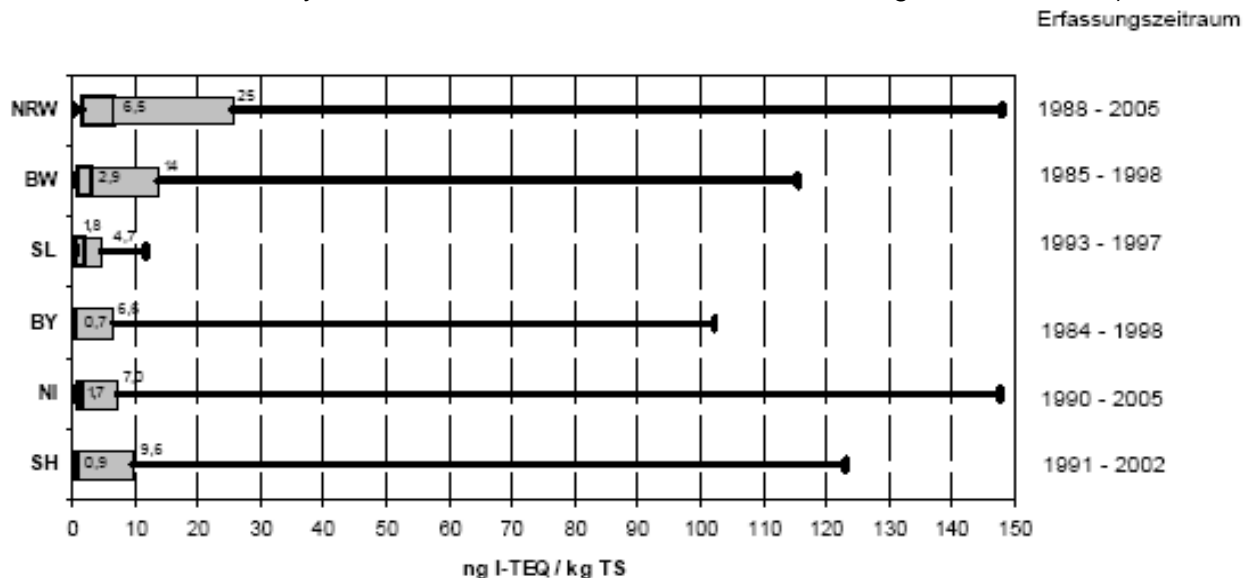
- *Spannbreite* der jeweiligen Messwerte mit Minimum und Maximum, durchgezogener schwarzer Balken;
- *Median*: 50. Perzentil, halbiert die Verteilung der Messwerte, 50% der Messwerte liegen unterhalb des Median und 50% darüber
- *90. Perzentil*: 90% der Messwerte liegen unterhalb des angegebenen Wertes, dargestellt durch die rechte Grenze des grauen Kastens
- *10. Perzentil*: kennzeichnet die niedrigsten 10% der Messwerte, in den folgenden Abbildungen aus Platzgründen nicht als Zahl, sondern nur graphisch dargestellt

Abbildung 1: Nachfolgend verwendete statistische Kenngrößen /Q10/



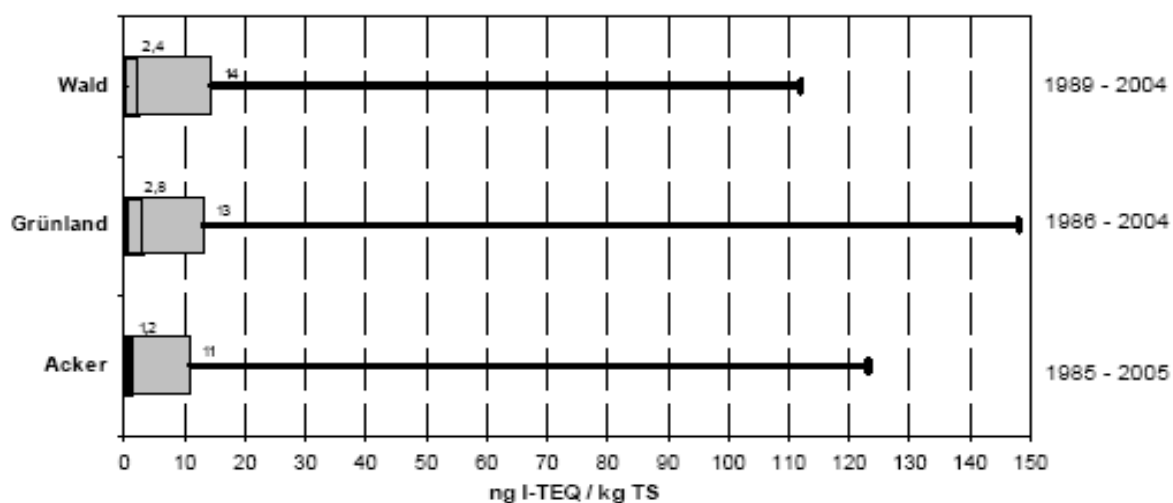
<sup>2</sup> POP-Konvention: Stockholmer Übereinkommen über völkerrechtlich bindende Verbots- und Beschränkungsmaßnahmen für bestimmte langlebige organische Schadstoffe (persistent organic pollutants, POPs), ratifiziert 2004

Abb. 2: Vergleich der in mineralischen Oberböden ohne besondere Belastungssituation *in verschiedenen Bundesländern* gemessenen Dioxinkonzentrationen (gesamt n=1.341, Nordrhein-Westfalen n=295, Baden-Württemberg n=253, Saarland n=45, Bayern n=223, Niedersachsen n= 281, Schleswig-Holstein n=244) /Q10/



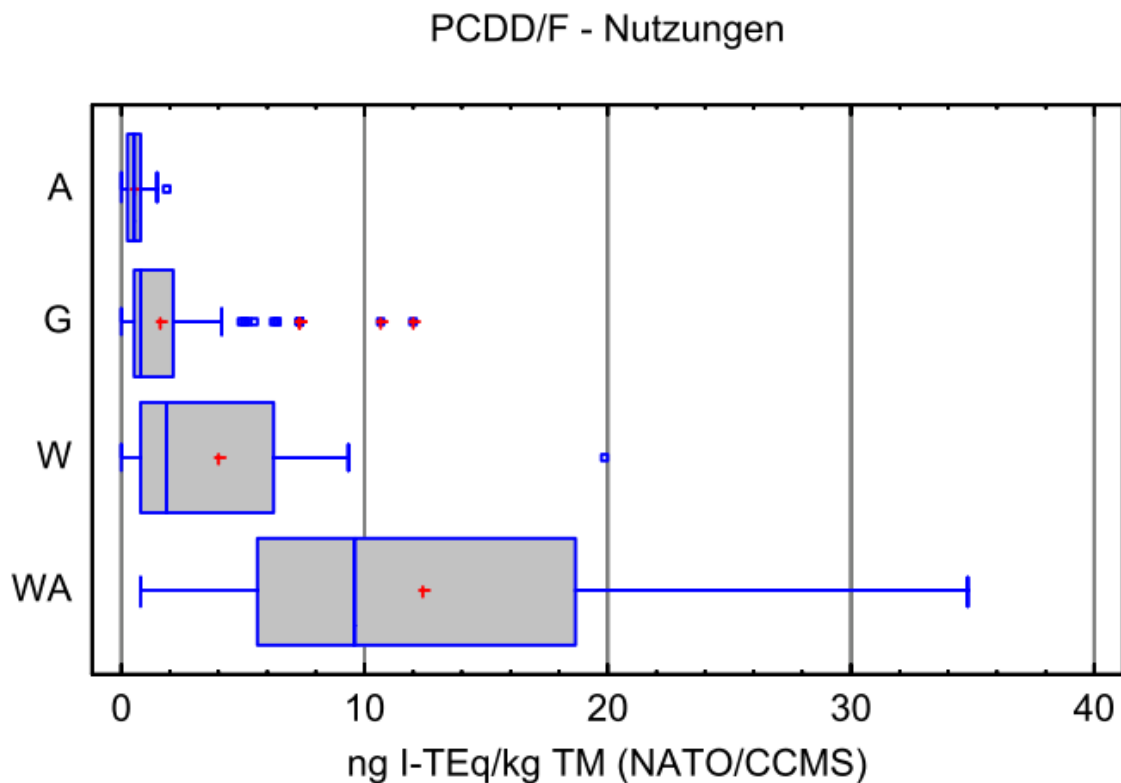
Wie aus der Abbildung 2 deutlich wird, liegen die mittleren Konzentrationen der mineralischen Oberböden in den verschiedenen Bundesländern nutzungsübergreifend zwischen 0,7 und 6,5 ng I-TEQ/kg TS. Das 90. Perzentil schwankt zwischen 4,7 und 25 ng. Die in Schleswig-Holstein gemessenen Werte liegen mit einem Median von 0,9 ng und einem 90. Perzentil von 9,6 ng im unteren Bereich.

Abb. 3: Dioxinkonzentrationen in mineralischen Oberböden Deutschlands ohne besondere Belastungssituation *in Abhängigkeit vom Nutzungstyp* (gesamt n=1.054, Wald n=182, Grünland n=629, Acker n=243) /Q10/



Die Abbildung 3 zeigt, dass die durchschnittlichen Belastungen bundesweit unter Grünland und Wald etwas höher sind als unter Ackernutzung. Dies ist vermutlich auf eine stärkere Verteilung (Verdünnung) der eingetragenen Dioxine im Oberboden durch die regelmäßige Bodenbearbeitung bei Ackernutzung zurückzuführen /Q10/.

Abb. 4: Hintergrundwerte für Dioxin/Furangehalte (lower bound<sup>3</sup>) in mineralischen Oberböden Schleswig-Holsteins *in Abhängigkeit vom Nutzungstyp* (gesamt n=295, Acker n=117, Grünland n=132, Wald: mineralischer Oberboden n=23, Humusauflage n=23)<sup>4</sup> /Q4, 2011/  
(Anmerkung: Abweichend von den übrigen Abbildungen dieses Typs, ist in dieser statt des 10. und 90. Perzentils das 25. und 75. dargestellt, das 90. Perzentil ist in der nachfolgenden Tab. 1 angegeben)



A = Acker, G = Grünland, W = Wald, WA = Waldauflage

Die statistischen Werte der Abbildung 4 sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt:

<sup>3</sup> Lower bound: Für die statistische Auswertung werden Stoffgehalte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze auf 0 gesetzt (beim upper bound - Ansatz werden in diesem Fall die Bestimmungsgrenzen mit einberechnet)

<sup>4</sup> Weitere Erläuterungen zum Diagramm: Rotes Kreuz innerhalb der grau unterlegten Balken: Arithmetisches Mittel/ Rote Kreuze außerhalb des Balkens: extreme Ausreißer/ Blaue Punkte außerhalb des Balkens: „milde“ Ausreißer

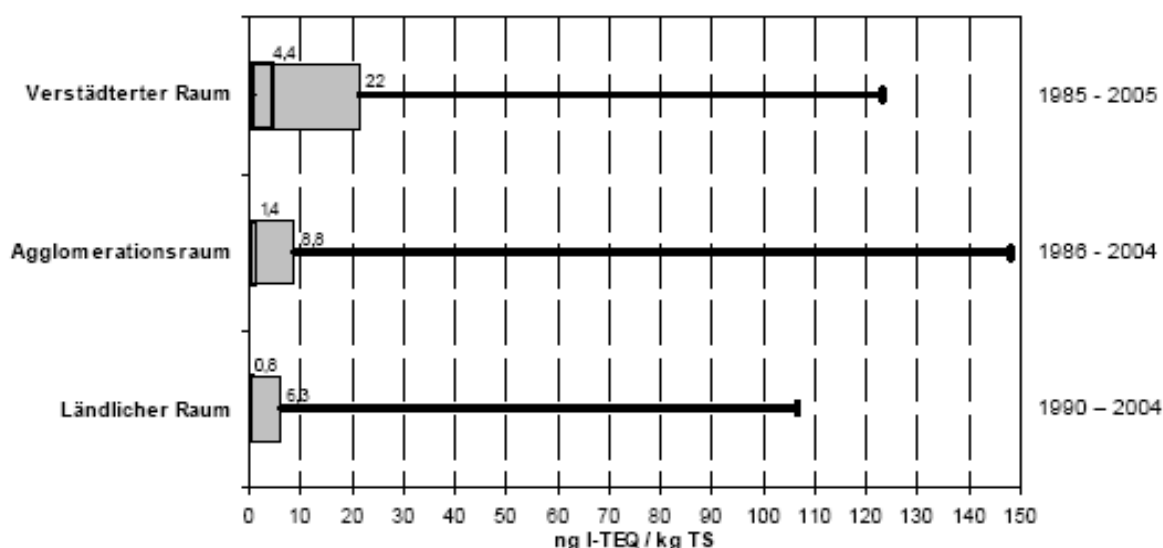
Tabelle 1: Hintergrundwerte für Dioxin/Furangehalte (lower bound) in mineralischen Oberböden Schleswig-Holsteins *in Abhängigkeit vom Nutzungstyp*, Zahlenwerte der Abbildung 4 /Q4, 2011/

Perzentile	Acker	Grünland	Wald	
			Mineralischer Oberboden	Humusaufgabe
			<i>n=23</i>	<i>n=23</i>
<i>gesamt n=295</i>	<i>n=117</i>	<i>n=132</i>	<i>n=23</i>	<i>n=23</i>
50% (Median)	0,48	0,76	1,84	9,65
75%	0,76	2,14	5,6	18,67
90%	1,0	4,15	7,83	22,2

In Abbildung 4 und Tabelle 1 sind Messdaten des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein (BBKSH) von Standorten dokumentiert, die aufgrund ihrer Repräsentativität für bestimmte Merkmalskombinationen (Bodentyp, Bodenart, Nutzung, Depositionsklasse) als relativ unbeeinflusst ausgewählt wurden. Sie dienen als Hintergrundwerte bei Vergleichen mit Daten aus Sonderuntersuchungen /Q3/.

Im Vergleich mit den bundesweiten Daten (s. Abb. 3 und 6) fällt der Median für die untersuchten Nutzungen und besonders das 90. Perzentil für Acker und Grünland in Schleswig-Holstein jeweils geringer aus.

Abb. 5: Dioxinkonzentrationen in mineralischen Oberböden (A-Horizont, bundesweite Messungen) ohne besondere Belastungssituation unter *Berücksichtigung des Gebietstyp* (Städtischer Raum n=587, Agglomerationsraum n=310, Ländlicher Raum n=264) /Q10/



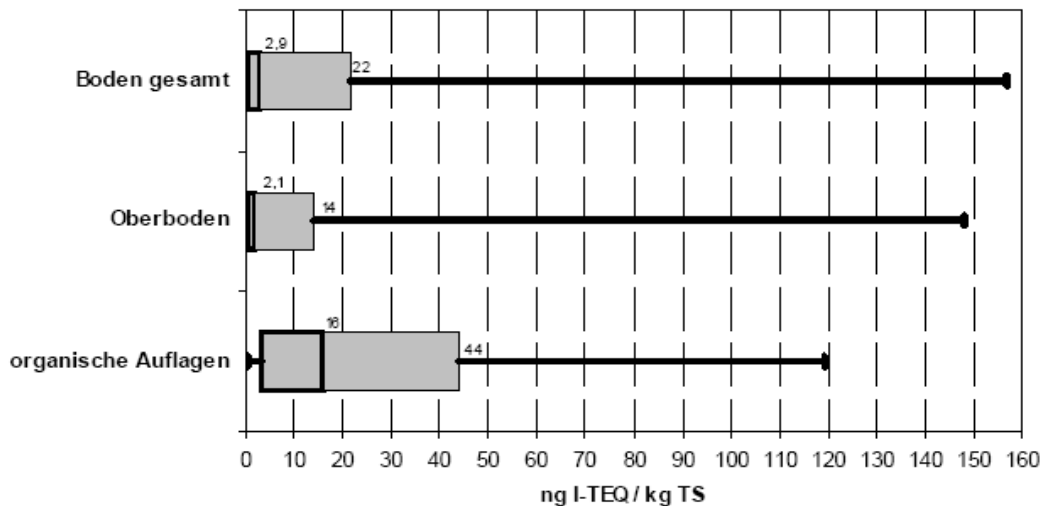
Wie aus der Darstellung bundesweiter Messungen ersichtlich, wurden in ländlichen Räumen deutlich niedrigere Konzentrationen ermittelt. Dies ist vermutlich ebenfalls z. T. auf den bei den Nutzungstypen (s. Abb. 3) genannten „Verdünnungseffekt“ der Bodenbearbeitung auf Ackerflächen zurückzuführen /Q10/.

Die Messungen der organischen Auflagen unter Waldnutzung (ohne Abbildung) zeigen dagegen in ländlichen Gebieten einen etwas höheren Median (18 ng I-TE/kg TS) als in



städtischen Bereichen (16 ng I-TEQ/kg TS). Dieser gegenläufige Effekt beruht vermutlich darauf, dass die Humusaufgaben im ländlichen Bereich ungestörter sind und damit gute Bedingungen für eine Langzeitakkumulation vorliegen /Q10/.

Abb. 6: Dioxinkonzentrationen in terrestrischen Böden Deutschlands (Boden gesamt 2.199, Oberboden n=1.440, organische Auflage n=219) /Q10/



Aus der vorstehenden Abbildung 6 wird deutlich, dass die statistischen Werte für „Boden gesamt“ vor allem durch die hohe Anzahl an Proben von mineralischen Oberböden (n=1.440) im Vergleich zur Probenzahl aus Humusaufgaben (n=219) geprägt sind. Ferner wird deutlich, dass die auf die Masse bezogenen Dioxinkonzentrationen in organischen Auflagen aufgrund deren wesentlich geringerer Lagerungsdichte (relativ großes Volumen bezogen auf die Masse) um Faktor 7 über denen der mineralischen Oberböden liegen /Q10/. Für Schleswig-Holstein ergibt sich für die Humusaufgabe ein um den Faktor 5 höherer Median als bei den mineralischen Oberböden (Abb. 4 und Tab. 1 /Q4/).

In der zeitlichen Entwicklung der Dioxinbelastung lassen die bundesweiten Daten für Klärschlämme und für die Luftüberwachung (vor allem aufgrund einer verbesserten Abgasreinigungstechnik) besonders in der ersten Hälfte der Neunziger eine deutliche Verringerung der Belastung erkennen. Seitdem sind die Werte jeweils weitgehend stabil. Dieser eindeutige Trend lässt sich aus den bundesweiten Daten für das Kompartiment Boden nicht nachweisen. Die Dioxinkonzentrationen sind seit 1987 in den Humusaufgaben und den mineralischen Oberböden nicht gesunken, sondern weitgehend stabil /Q10/.

## 5.2 Zusammenstellung der Ergebnisse der Untersuchung von 1993

Die folgende Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse der Untersuchung von 1993 im Umfeld der Deponie /Q1/. Nachfolgend werden die Messwerte mit der im vorangegangenen Kapitel in Auszügen dargestellten statistischen Auswertung der zwischenzeitlich ausgebauten bundesweiten Dioxin-Datenbank /Q10/ und aktueller Daten des BBKSH /Q3, 2009/ bzw. der Hintergrundwerte stofflich gering beeinflusster Böden Schleswig-Holsteins /Q4, 2011/ beurteilt.

Tabelle 2: Auswertung der Ergebnisse der Untersuchung von 1993 /Q1/

Fortlaufende Nr.	BBKSH-Nr.	Entfernung zur Deponie [m]	Richtung zur Deponie	Nutzung	Material (Probenahmeobjekt)	Entnahmetiefe [cm]	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kg TS]	Bodentyp (Erläuterungen s. Tab. 3)
1	312	300	OSO	Acker	Oberboden	0-25	1,72	LL-SS
2	313	300	ONO	Gehölz	Humusauflage	+4-0	5,72	LL-SS
3	373	1.500	NO	Grünland	Oberboden	0-5	0,82	RQ
4	374	1.100	NW	Ackerbrache	Oberboden	0-30	0,84	RZ-SS
5	375	800	WNW	Acker	Oberboden	0-30	0,64	SS-LL
6	377	500	OSO	Wallknick	Oberboden	0-5	3,51	BB
7	378	300	S	Acker	Oberboden	0-30	0,60	LL-SS
8*	379	50	S	Gehölz	Oberboden	0-5	5,31	BB
9*	380	50	S	Gehölz	Humusauflage	+3-0	5,08	BB
10	381	1.300	NNW	Gehölz	Oberboden	0-5	5,15	GM
11	382	500	NO	Wallknick	Oberboden	0-5	4,99	RQ
12	431	500	NW	Ackerrain	Oberboden	0-5	4,61	RQ
13	432	550	NW	Acker	Oberboden	0-30	1,04	SS
14	433	1.400	OSO	Acker	Oberboden	0-30	0,78	BB
15	434	50	NO	Deponiebetriebsgel.	Oberboden	0-5	1,34	RQ

\* Bei den fortlaufenden Nummern 8 (Oberboden) und 9 (Humusauflage) handelt es sich um ein und denselben Standort unter Waldnutzung

### Überblick und Vergleich mit anderen schleswig-holsteinischen u. bundesweiten Messwerten

Die Dioxin- und Furankonzentrationen der 1993 genommenen 15 Mischproben lagen zwischen 0,6 und 5,7 ng I-TEQ/kg TS. Es handelt sich um 2 Humusauflagen unter Waldnutzung und 13 mineralische Oberböden (A-Horizonte) mit unterschiedlichen Nutzungen. Beprobte und untersucht wurden nur ortstreue Böden nach der Methodik des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein (BBKSH) /Q1/.

Die vier Proben mit den höchsten Messwerten (jeweils >5 und <6 ng, in der Tabelle 2 gelb unterlegt) stammen aus den drei untersuchten Waldstandorten. Bei den Proben handelt es sich um die beiden Humusauflagen und zwei mineralische Oberböden. Die Messwerte der Humusauflagen liegen deutlich unter den mittleren Konzentrationen für organische Auflagen terrestrischer Böden des Bundesgebietes (Median: 16 ng I-TEQ/kg TS, n=219, /Q10/



s. Abb. 6) und Schleswig-Holsteins (9,65 ng, n=23 /Q4/, s. Tab. 1). Die Werte der beiden betreffenden mineralischen Oberböden liegen dagegen deutlich über den mittleren Konzentrationen der in Deutschland (2,4 ng, n=219, s. Abb. 3 /Q10/) und Schleswig-Holstein (1,84 ng, n=23, s. Tab 1 /Q4/) untersuchten A-Horizonte unter Wald.

In den Oberbodenproben der beiden Wallknicks bzw. des Ackerrains wurden Konzentrationen von >3,5 und <5 ng ermittelt (in Tab. 2 grau unterlegt). Diese Standorte können bezüglich ihrer Depositionsbedingungen und Akkumulationseigenschaften in etwa den Waldstandorten zugeordnet werden. Diese Einschätzung wird durch die Messwerte bestätigt (s. u.). Aus der Dioxindatenbank sind für spezielle Nutzungen wie Knicks und Ackerrandstreifen keine Vergleichswerte veröffentlicht.

Die Messwerte für die 6 Ackerflächen und den einen beprobten Grünlandstandort lagen zwischen 0,6 und 1,7 ng und unterschreiten mit einer Ausnahme die mittleren Konzentrationen für landwirtschaftlich genutzte Flächen in Deutschland (Median für Acker 1,2 ng, n=243 und Grünland 2,8 ng, n=692, s. Abb. 3 /Q10/). Sie liegen allerdings etwas höher als die mittleren Messwerte für unbelastete Gebiete in Schleswig-Holstein (s. Tab. 1).

Die Messwerte bestätigen damit deutlich die Erwartung und in bundesweiten Erhebungen festgestellte Tendenz (s. Abb. 3 und 6 /Q10/), dass die Dioxin- und Furankonzentrationen in den Humusaufgaben und mineralischen Oberböden in Bereichen mit guten Depositionsbedingungen und hoher Akkumulationsneigung, wie ungestörte Waldstandorte, höher sind als in Bereichen, deren Oberböden durch regelmäßige Bodenbearbeitung (Acker) beeinflusst sind. Durch die Bodenbearbeitung kommt es zu einer stärkeren Verteilung (Verdünnung) der Dioxine/Furane und in der Folge zu sinkenden Konzentrationen in den Oberböden.

### *Zusammenfassung und Bezug zur Sonderabfalldeponie*

Im Vergleich mit den in den Abbildungen 2-5 dargestellten statistischen Kenngrößen (Spannweiten und Median sowie 10. und 90. Perzentil) der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder aus den Jahren 1985 bis 2004 /Q10/ sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein /Q3, 2009/ bzw. der Hintergrundwerte Schleswig-Holsteins /Q4, 2011/ zeigen die Messwerte der Untersuchung von 1993 insgesamt keine großen Abweichungen. Bei den mineralischen Oberböden der beiden untersuchten Gehölze liegen die Befunde allerdings über den Vergleichswerten.

Die Proben mit den höheren Dioxin- und Furankonzentrationen unter Wald- bzw. Wallknick-Nutzung liegen sowohl in Luv- (z. B. NNW) als auch in Lee-Position (z. B. ONO) und sowohl in sehr geringer (z. B. 50 m) als auch in größerer (1.300 m) Entfernung zur Deponie. Auch bei Betrachtung der übrigen Messwerte ist kein direkter Bezug zum Deponiestandort feststellbar /Q1/. Die Darstellung geltender Richtwerte folgt in Kapitel 5.4.

## 5.3 Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane 1993, 2009 und 2013

Die folgende Tabelle 1 zeigt die Messdaten der Jahre 1993, 2009 und 2013 (bezüglich der Messdaten von 2013 siehe Vorbemerkung auf Seite 1).

Tabelle 3: Übersicht zu den Ergebnissen der Untersuchungen von 1993/ 2009/ 2013

Proben- bezeichnung	Entfernung zur Deponie [m]	Richtung zur Deponie	Vegetation/Nutzung	Entnahmetiefe [cm]	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kg TS] n. NATO/CCMS 1988			Dioxinähnliche PCB [ng WHO-TEQ/kg TS] 1998		
					1993	2009	2013	1993	2009	2013
Rond 1	250	ONO	Wald (Friedhofswald)	0-5	--	6,50	6,1	--	1,58	1,90
Rond 2	300	ONO	Walknick vor dem Friedhofswald	0-5	--	7,51	5,4	--	1,27	0,83
Rond 3	500	OSO	Walknick östlich der Ackerfläche	0-5	3,51	3,11	4,5	--	0,73	0,89
Berk 1	1.500	SO	Walknick südlich vom Sportplatz	0-5	--	3,09	4,4	--	0,82	0,94
Berk 2	2.150	SO	Walknick nördlich vom Kindergarten	0-5	--	4,99	4,0	--	2,28	2,57
Berk 3	2.650	SO	Grünfläche vor der Kirche	0-5	--	1,55	2,0	--	1,40	1,24

Von den in den Jahren 2009 und 2013 untersuchten 6 Standorten ist gemäß der vereinbarten Auswahlkriterien der Beprobungsraum *Rond 3* mit einem der 1993 erkundeten Standorte identisch. Es handelt sich um den Nord-Süd gerichteten Walknick 500 m östlich der Sonderabfalldeponie, der die erste Windbarriere in dieser Richtung darstellt und die östlich der Deponie gelegene Ackerfläche abgrenzt (s. Anlage 1.2).

1993 wurde für diesen Standort eine **Dioxin- und Furankonzentration** des mineralischen Oberbodens (0-5 cm) von 3,51 ng I-TEQ/kg TS ermittelt. 2009 lag der Wert bei 3,11 ng und 2013 bei 4,5 ng. D.h. zwischen 1993 und 2009 hat sich kaum etwas verändert, während es zwischen 2009 und 2013 zu einer leichten Erhöhung des Befundes gekommen ist.

Insgesamt haben sich von 2009 bis 2013 drei Befunde leicht erhöht und drei leicht verringert.

Die Befunde für die **dioxinähnlichen PCB** (letzte Spalte in Tab. 3) verhalten sich in etwa entsprechend, allerdings wurde diese Stoffgruppe bei den Untersuchungen von 1993 noch nicht berücksichtigt. Zwischen 2009 und 2013 haben sich die Werte in vier Fällen geringfügig erhöht und in 2 Fällen etwas verringert.



Bei der Beurteilung der Befunde ist zu berücksichtigen, dass es sich, wie oben bereits genannt, um Toxizitätsäquivalente handelt, die aus der Gewichtung der Messwerte von 17 Einzelverbindungen für die Dioxine und Furane (sowie 12 Einzelverbindungen für die dioxinähnlichen PCB) errechnet werden. Wobei die einzelnen Messwerte in einem sehr geringen Konzentrationsbereich von  $10^{-9}$ g/kg (1 ng) liegen.

Zudem handelt es sich beim Boden um einen sehr heterogenen Naturkörper. Dementsprechend ist die Methodik der Probenahme, wie in Kap. 2 erläutert, darauf ausgerichtet ein möglichst hohes Maß an Repräsentativität und Reproduzierbarkeit zu erreichen. Zu diesen Zweck werden pro Standort 22 volumengleiche Einzelproben nach einem bestimmten räumlichen Muster entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Mit einer Streuung der Befunde bei Wiederholungsmessungen ist dennoch zu rechnen. Daher wurde oben die Formulierung 'leichte Erhöhung' bzw. 'leichte Verringerung' gewählt.

Bisher liegen für einen Probenahmerraum drei Messzeitpunkte (1993, 2009 und 2013) und für 5 Probenahmerräume zwei Messzeitpunkte (2009 und 2013) vor. Die festgestellten Unterschiede der Befunde liegen im Bereich der zu erwartenden Streuung, es kann daher kein genereller Trend abgeleitet werden.

## 5.4 Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane mit bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten

Die drei im Gemeindegebiet von **Rondeshagen** liegenden Beprobungsstandorte wurden entsprechend der Kriterien Hauptwindrichtung, geringe Entfernung und günstige Exposition zur Deponie sowie standorttypische Böden, die nicht einer regelmäßigen Bodenbearbeitung unterliegen ausgewählt (s. Kap. 2).

Die höchsten Messwerte 2009: 6,5 und 7,51 ng bzw. 2013: sowie 6,1 und 5,4 ng wurden in den Oberbodenmischproben (*Rond 1 und 2*) aus dem Friedhofswald und dem vor dem Friedhofswald liegenden Wallknick mit einer Entfernung von ca. 250 bzw. 300 m östlich zur Deponie festgestellt (s. Karte in Anlage 1.2).

Die 22 Einzelproben zur Gewinnung der Mischprobe aus dem Wallknick (*Rond 2*) wurden unmittelbar in Leeposition des Firstbereiches entnommen, d. h. einem Bereich mit bevorzugten Ablagerungsbedingungen für eingewehte Stäube. Der Firstbereich des Wallknicks weist keine Humusaufgabe auf, d.h. der mineralische Oberboden liegt hier direkt an der Bodenoberfläche. Im nördlich des Wallknicks angrenzenden Friedhofswald (*Rond 1*) liegt der beprobte mineralische Oberbodenmischproben unterhalb einer mehrere cm mächtigen Humusaufgabe.

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten mineralischer Oberböden unbelasteter Bereiche *Deutschlands* mit der Nutzung Wald, liegen die drei Messwerte in Rondeshagen für die Jahre 2009 und 2013 deutlich über dem betreffenden bundesweiten Medianwert von 2,4 ng I-TEQ/kg TS (n=182 /Q10, 2007/). Noch etwas deutlicher fällt der Vergleich mit dem entsprechenden Medianwert für stofflich unbelastete *schleswig-holsteinische Waldböden* aus, dieser ist in einer neuen Veröffentlichung von 2009 mit 1,84 ng<sup>5</sup> angegeben (bei n=23 /Q4/). Die höheren beiden Werte aus Rondeshagen von 2009 und 2013 liegen etwa im

<sup>5</sup> Im Ergebnisbericht der Untersuchungen von 2009 wurde als Vergleichswert für unbelastete mineralische Waldoberböden in Schleswig-Holstein ein Median von 2,1 ng und ein 90. Perzentil von 9,3 ng mit n=24 aus /Q3 2009/ angegeben. Die o.g. etwas niedrigeren Werte (Median von 1,84 ng und ein 90. Perzentil von 7,83 ng mit n=23) entstammen einer neueren Auswertung des LLUR zur Ableitung von Hintergrundwerten stofflich gering beeinflusster Böden Schleswig-Holsteins /Q4 2011/



Bereich zwischen dem für schleswig-holsteinische Vergleichsböden angegebenen 75. Perzentil (5,6 ng) und dem 90. Perzentil (7,83 ng, s. Tab 1), (d.h. 75 % bis 90 % der vergleichbaren Messwerte Schleswig-Holsteins liegen unter denen, die in Rondeshagen gemessen wurden).

Die drei innerörtlichen Beprobungsräume in **Berkenthin** wurden gemäß der Vorgaben nach den Kriterien exponierte Lage, Siedlungsgebiet, sensible Nutzung und ebenfalls möglichst wenig Überformung ausgewählt (s. Kap. 2).

Die höheren beiden Messwerte 2009: 3,09 und 4,99 ng bzw. 2013: 4,4 und 4,0 ng wurden in zwei Wallknickstandorten (Sportplatz- und Kindergartengelände, *Berk 1* u. *Berk 2*) und der niedrigere Wert (2009: 1,55 ng bzw. 2013: 2,0 ng, *Berk 3*) im Grünflächenbereich vor die Kirche gemessen (s. Karte in Anlage 1.3).

Im Vergleich mit *bundesweiten* Hintergrundwerten mineralischer Oberböden städtischer Räume ohne besondere Belastungssituation, weisen die Befunde in Berkenthin keine großen Abweichungen auf. So liegt der entsprechende Median für Oberböden gemäß der Dioxin-Datenbank bundesweit bei 4,4 ng I-TEQ/kg TS (n=587) /Q10/ (s. Abb. 5). Bei diesem Vergleich ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich bei Berkenthin nicht um eine städtische, sondern um eine ländliche Gemeinde handelt.

## 5.5 Bezug der Befunde für Dioxine und Furane zur Sonderabfalldeponie

Wie Tabelle 1 zeigt, weisen die beiden Beprobungsstandorte mit der geringsten räumlichen Distanz zur Deponie (Rond 1+2) sowohl in 2009 als auch in 2013 jeweils die höchsten Befunde für Dioxine und Furane auf und der Beprobungsstandort mit der größten Entfernung zur Deponie (*Berk 3*) die niedrigsten. Ein Zusammenhang mit der Deponie, bzw. ein Gradient mit abnehmenden Gehalten bei zunehmendem Abstand zur Deponie lässt sich aus den Messwerten jedoch nicht belegen. Die Unterschiede der Messwerte, auch unter Einbeziehung der Untersuchung von 1993, können ebenso durch unterschiedliche Nutzungen und damit verbundene Überformungen sowie verschiedene Standorteigenschaften und unterschiedliche Expositionsbedingungen für ubiquitäre (allgegenwärtige) Einträge oder andere lokale Quellen (z. B. Hausbrand) bedingt sein.

Die bisher festgestellten Unterschiede der Befunde liegen, wie in Kapitel 5.3 bereits ausgeführt, im Bereich der zu erwartenden Streuung. Es kann weder ein räumlicher noch ein zeitlicher Trend abgeleitet werden. Die Dioxinmesswerte lassen sich nicht der Deponie als Quelle zuweisen.

Den Umkehrschluss, dass von der Deponie keine dioxinbelasteten Stäube ausgetragen werden und in die Umgebung gelangen, lassen die Untersuchungen aufgrund der geringen Probenzahl und fehlender Referenzwerte aus dem Umfeld allerdings ebenfalls nicht zu.

Dennoch ist festzuhalten (wie bereits in Kap. 5.4 ausgeführt), dass in den mineralischen Oberböden der deponienahen und siedlungsfernen Wald- und Wallknickstandorte Dioxin- und Furangehalte gemessen wurden, die den schleswig-holsteinischen Medianwert (50. Perzentil) von 1,84 ng für stofflich unbeeinflusste Waldstandorte deutlich übersteigen, zwei der drei Messwerte liegen in etwa im Bereich zwischen dem 75. Perzentil (5,6 ng) und dem 90. Perzentil (7,83 ng, s. Tab. 1), (d.h. 75-90 % der Messwerte vergleichbarer Standorte in Schleswig-Holstein liegen unterhalb derer, die 2009 und 2013 in Rondeshagen gemessen wurden).



## 5.6 Vergleich der Befunde für Dioxine und Furane mit Richtwerten

In der **Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)** von 1999 sind Maßnahmenwerte für bestimmte Einwirkungen und Belastungen von Böden festgelegt, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind (§8 BBodSchG).

Tabelle 4: Maßnahmenwerte gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung BBodSchV: Maßnahmenwerte, Wirkungspfad Boden-Mensch	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kgTS]
Kinderspielflächen	100
Wohngebiete	1.000
Park- und Freizeitanlagen	1.000
Industrie- und Gewerbegrundstücke	10.000

Der Maßnahmenwert der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch (direkte Aufnahme) für Kinderspielflächen als die sensibelste der genannten Nutzungen beträgt 100 ng und übersteigt die beiden höchsten Messwerte für 2013 in *Rondeshagen* mit 6,1 ng im Friedhofswald und 5,4 ng im Wallknick vor dem Friedhofswald um den Faktor 16, bzw. 20.

In *Berkenthin* übersteigt der Maßnahmenwert für Kinderspielplätze die beiden höchsten Messwerte für 2013 mit 4,4 ng im Wallknick südl. vom Sportplatz und 4,0 ng im Wallknick nördl. vom Kindergartengelände um den Faktor 23, bzw. 25.

Die **Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine** hat in ihrem 2. Bericht 1993 Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung und -sanierung vorgeschlagen. Diese sehen als Zielgröße eine Dioxinkonzentration von 5 ng I-TEQ/kg TS vor, unterhalb derer ist demnach jegliche Nutzung des Bodens ungeprüft möglich /Q8/. Diese Richtwerte haben allerdings keinen gesetzlich verbindlichen Charakter /Q4/.

Tabelle 5: Richtwerte der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine

Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine: Vorschlag für Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung:	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kgTS]
Zielgröße; jegliche Nutzung ungeprüft möglich	<5
Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung	5-40
Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung, - uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer	>40

In *Rondeshagen* liegen zwei der drei Werte von 2013 etwas oberhalb und einer knapp unterhalb von 5 ng, ab der im Falle einer landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzung Prüfaufträge und erste Handlungsempfehlungen vorgesehen sind.



In *Berkenthin* liegen zwei Werte von 2013 knapp unterhalb der 5 ng-Marke.

Konkrete Einschränkungen für die Bodennutzung werden bei Werten über 40 ng vorgeschlagen. Dieser Wertebereich wird allen untersuchten Proben weit unterschritten.

## 5.7 Auswertung der Verteilungsmuster der einzelnen Dioxin- und Furanverbindungen

Wie in Kapitel 2.2 ausgeführt handelt es sich bei den Dioxinen und Furanen um eine Stoffgruppe von 17 Einzelverbindungen (7 Dioxine, 10 Furane). Die Verteilung der Konzentrationen dieser 17 Verbindungen (Kongenere<sup>6</sup>) können Hinweise auf die Herkunft der Dioxine geben.

Die Verteilungsmuster der Einzelkonzentrationen (Kongenerenmuster) der Befunde in Rondeshagen und Berkenthin von 2009 und 2013 (n=6) unterscheiden sich nicht von denen bundesweiter Messungen (n=1.140, Erfassungszeitraum 1985-2005) in unbelasteten Gebieten, wie der Vergleich der nachfolgenden beiden Abbildungen 7 und 8 zeigt. D.h. die Kongenerenmuster von beiden Untersuchungen 2009 und 2013 geben keine Hinweise auf andere Quellen als die ubiquitäre („allgegenwärtige“) Belastung.

Die Abbildungen Nr. 7 und 8 zeigen auch, dass die mittleren absoluten Messwerte für die Einzelverbindungen in Rondeshagen und Berkenthin für die Jahre 2009 und 2013 etwa um den Faktor 3-4 über den bundesweit ermittelten Konzentrationen liegen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die bundesweiten Daten aus Abbildung 7 nur auf unbelastete Standorte ohne Differenzierung der Nutzungen beziehen. Zum großen Teil handelt es sich um ländliche Räume einschließlich Ackerflächen, bei denen atmosphärische Einträge durch die Bodenbearbeitung eingemischt und damit „verdünnt“ werden. Bei den Beprobungsstandorten in Rondeshagen und Berkenthin handelt es sich dagegen um unbearbeitete Böden mit bevorzugten Ablagerungs- und Anreicherungsbedingungen für Schadstoffe.

---

<sup>6</sup> Kongenere: Verbindungen mit einem einheitlichen Grundgerüst - hier mit einer unterschiedlichen Anzahl von Chloratomen

Abb. 7: Durchschnittliche Konzentrationen der PCDD/PCDF-(Dioxin-) Kongenere in unbelasteten Oberböden Deutschlands (n=1.140; Erfassungszeitraum 1985-2005) /Q10/

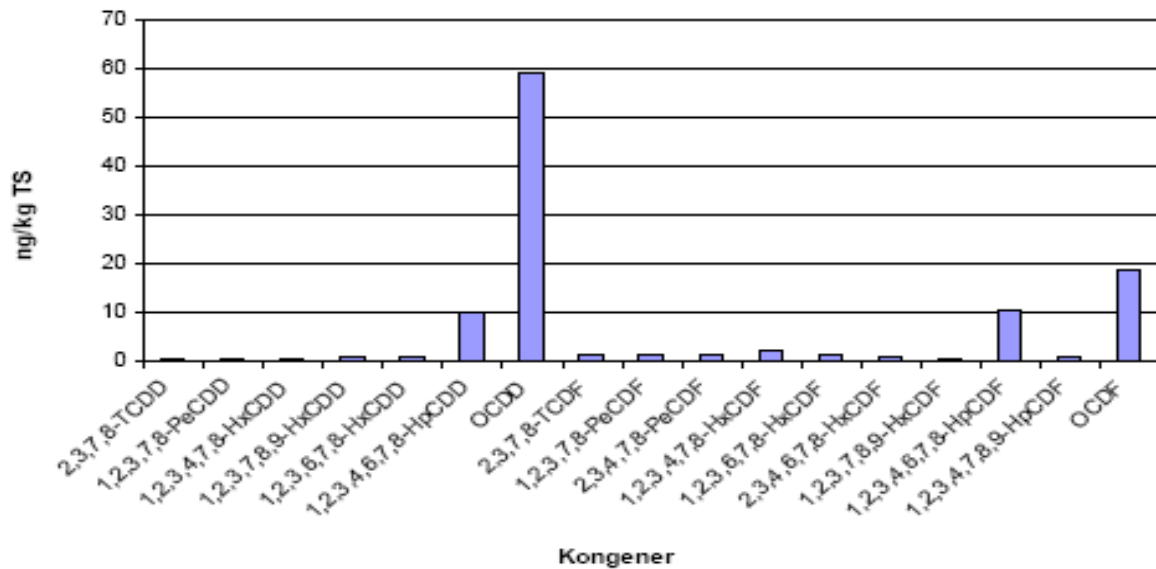
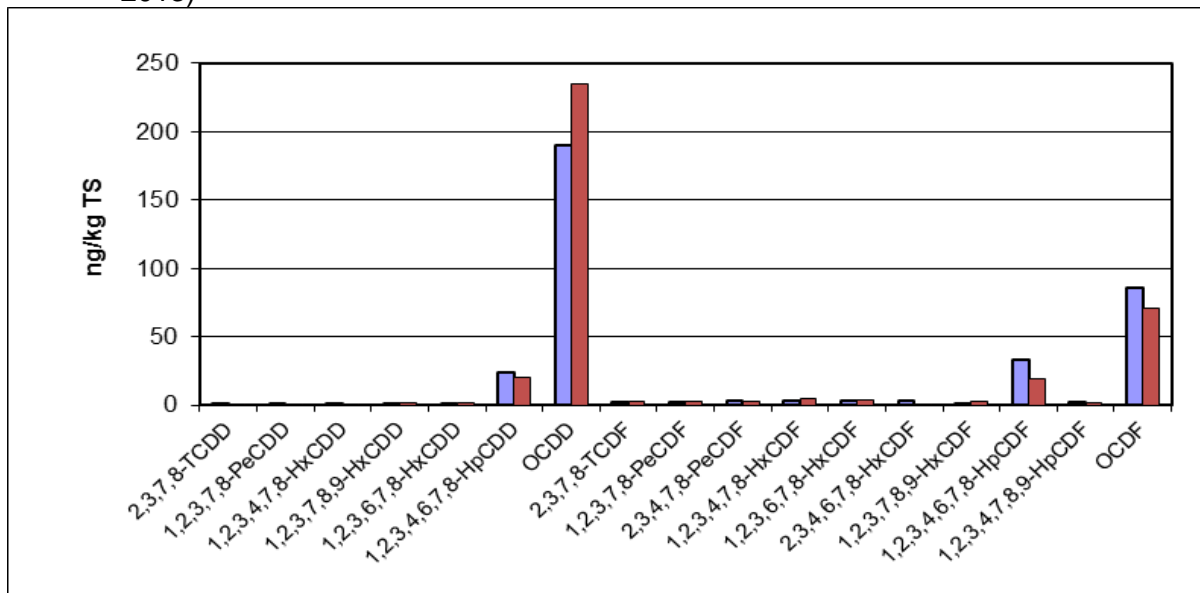


Abb. 8: Durchschnittliche Konzentrationen der PCDD/PCDF-(Dioxin-) Kongenere der aktuellen Untersuchung in Rondeshagen und Berkenthin (n=6; blau: 2009, rot: 2013)



## 5.8 Befunde für dioxinähnliche PCB

Seit einigen Jahren wird gefordert, neben den Dioxinen auch die **dioxinähnlichen Polychlorierten Biphenyle (dioxin-like PCB, dl-PCB)** zu bestimmen. Inzwischen ist das in mehreren Messprogrammen der Länder umgesetzt. Der Datenbestand für Vergleichszwecke ist noch entsprechend gering.

Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass sich die dioxinähnlichen PCB (gelb unterlegte Spalten) von 2009 (0,73 - 2,28 ng) bis 2013 (0,83 - 2,57 ng) nur geringfügig verändert haben. (Im Untersuchungsbericht von 1993 /Q1/ wurden die dioxinähnlichen PCB nicht behandelt.)

Tabelle 4: Zusammenstellung der Messwerte von 2009 und 2013 für Dioxine/Furane I-TEQ und WHO-TEQ, sowie für dioxinähnliche PCB (dl-PCB) (upper bound)

Probe	Dionine/Furane [ng I-TEQ/kg TS] n. NATO/CCMS 1988		Dionine/Furane [ng WHO-TEQ/kg TS] 1998 (upper bound)		dl-PCB [ng WHO-TEQ/kg TS] (upper bound)		Summe der Dionine/Furane und dl-PCB [ng WHO-TEQ/kg TS] (upper bound)		Anteil der dl-PCB an der Summe Dionine/ Furane/ dl-PCB [%]	
	2009	2013	2009	2013	2009	2013	2009	2013	2009	2013
Rond 1	6,50	6,1	6,63	6,4	1,58	1,90	8,2	8,3	19,2	22,9
Rond 2	7,51	5,4	7,44	5,4	1,27	0,83	8,7	6,2	14,6	13,3
Rond 3	3,11	4,5	3,19	4,5	0,73	0,89	3,9	5,4	18,6	16,5
Berk 1	3,09	4,4	3,16	4,6	0,82	0,94	3,9	5,3	20,6	17,6
Berk 2	4,99	4,0	5,15	4,2	2,28	2,57	7,4	6,7	30,7	38,5
Berk 3	1,55	2,0	1,63	2,1	1,40	1,24	2,8	3,2	46,2	38,3

In der Tabelle 4 sind ferner die Dioxinkonzentrationen gemäß der Internationalen Toxizitätsäquivalente (*I-TEQ n. NATO/CCMS*) und der WHO (*WHO-TEQ*) nebeneinander gestellt. Entsprechend der nur geringfügig unterschiedlichen Bewertung der Toxizität der Einzelverbindungen (s. Kap. 2.2) liegen zwischen den I-TEQ Werten (weiß unterlegt) und den WHO-TEQ Werten (grau unterlegt) bei den Befunden der beiden Untersuchungsjahre keine großen Abweichungen vor.

Zur Bestimmung der **gesamten toxischen Wirksamkeit der Dioxine und dioxinähnlichen PCP** sind die entsprechenden WHO-TEQ (in Tab. 4 grau und gelb unterlegt) zu addieren. Die errechneten Werte liegen für 2009 zwischen 2,8 und 8,7 ng und 2013 zwischen 3,2 und 8,3 ng WHO-TEQ/kgTS (in Tab. 4 orange unterlegt) und haben damit sich ebenfalls nur geringfügig verändert. Während 2009 allerdings noch 3 Messwerte unterhalb der 5 ng-Marke (s. Kap. 5.6, Tab. 5) lagen, war es 2013 nur noch einer.



Der Anteil der dl-PCP an der Summe der Dioxine/Furane und dl-PCB (in Tab. 4 hellblau unterlegt) liegt in den Proben aus Rondeshagen in einer einheitlich relativ geringen Schwankungsbreite von 14-19 % in 2009 bzw. 13-23 % in 2013. In den Proben aus Berkenthin liegt die Schwankungsbreite deutlich höher: 19-46 % in 2009 bzw. 18-39 % in 2013. Diese Unterschiede könnten damit zusammenhängen, dass die Probenahmeräume in Rondeshagen außerhalb - und die in Berkenthin innerhalb von Siedlungsbereichen (mit anderen lokalen Quellen, z. B. Abluft von Gebäudeheizungen, Eintrag von Siedlungsabfällen) liegen.

## 5.9 Vergleich der Befunde für Dioxine und dioxinähnliche PCB mit den ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ des LLUR-SH

Da der Datenbestand für Messdaten von dioxinähnlichen PCP (dl-PCB) in Böden für Vergleichszwecke wie oben genannt noch relativ gering ist, wird hier auf die ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ 2008 vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holsteins (LLUR-SH) zur Dioxinbelastung der Elbschlicke und Elbmarschen /Q3/ zurückgegriffen, auch wenn es sich dabei um einen völlig anderen Naturraum und mit der Sedimentfracht der Elbe um eine ganz andere Belastungsquelle handelt. Primär ging es um die.

Der Median der *Dioxinkonzentrationen* der Außendeichproben liegt bei 23 ng I-TEQ/kg TS (n=35, Maximalwert = 439 ng) und der der Proben aus dem Innendeichbereich mit ehemaligen Überflutungsflächen bei 4,7 ng (n=23, Maximalwert = 145 ng) /Q4/.

Die Werte aus Berkenthin und Rondeshagen von 2009 und 2013 liegen etwa in der Größenordnung der genannten Medianwerte des Innendeichbereichs. Die im Elbbereich gemessenen Maximalwerte liegen allerdings sehr deutlich über den Werten aus Berkenthin und Rondeshagen.

Von den im Elbbereich auf *dioxinähnliche PCB* analysierten 43 Proben liegen 8 unter 0,05 ng WHO-TEQ/kg TS und 5 im Bereich zwischen 5 und 10 ng. Mit 9 Proben liegt der größte Anteil der Messwerte zwischen 1 und 2 ng /Q3/. Diese mittleren Werte sind in der Größenordnung mit denen aus Berkenthin und Rondeshagen für 2009 und 2013 vergleichbar, s. Tab. 4 gelb unterlegte Spalten). Im Elbbereich liegen die Maximalwerte wiederum wesentlich über den Werten aus Berkenthin und Rondeshagen.

In den Proben des Elbbereichs beträgt der durchschnittliche Anteil der dl-PCB an der Gesamtsumme der WHO-TEQ nur 6,5 %, bei einer Schwankungsbreite zwischen 0,9 und 12,1 % /Q3/. In Berkenthin und Rondeshagen ist dieser Anteil wesentlich höher (s. Tab. 4). Dieses liegt darin begründet, dass mit der Sedimentfracht der Elbe eine ganz andere Belastungsquelle vorliegt (s.o.).



## 6 Zusammenfassung, Fazit und Empfehlung

*Im Vergleich mit 2009* haben die Untersuchungen von 2013 nur geringe Veränderungen ergeben: Drei Messwerte für Dioxine und Furane von 2013 liegen etwas höher als 2009 und drei etwas niedriger.

Bei den dioxinähnlichen PCB verhält es sich in etwa entsprechend: 2013 liegen vier Messwerte geringfügig höher als 2009 und zwei etwas niedriger.

Auch unter Berücksichtigung der Analysenergebnisse von 1993 liegen die festgestellten Unterschiede der Befunde im Bereich der zu erwartenden Streuung, es kann daher kein genereller Trend abgeleitet werden.

*Im Vergleich mit den schleswig-holsteinischen Hintergrundwerten für Dioxine und Furane in mineralischen Oberböden unbelasteter Waldgebiete* liegen die Befunde von 2009 (6,5 bzw. 7,5 ng) und 2013 (6,1 bzw. 5,4 ng) für den Friedhofswald und dem angrenzenden Wallknick in Rondeshagen etwa im Bereich zwischen dem 75. Perzentil (5,6 ng) und dem 90. Perzentil (7,8 ng, s. Tab 1 /Q4, 2009/), (d.h. 75 % bis 90 % der vergleichbaren Werte Schleswig-Holsteins liegen unter denen, die in Rondeshagen gemessen wurden).

Die Befunde im Siedlungsgebiet von Berkenthin entsprechen dagegen in etwa den *bundesweiten Vergleichswerten für unbelastete städtische Räume* (der entsprechende Median ist mit 4,4 ng angegeben /Q10, 2007/), wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich bei Berkenthin nicht um eine städtische, sondern um eine ländliche Gemeinde handelt.

*Im Vergleich mit den Richtwerten der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine* ist festzustellen, dass zwei der drei Messwerte von 2009 und 2013 in Rondeshagen etwas oberhalb - und zwei der drei Messwerte von Berkenthin in 2013 knapp unterhalb der 5 ng-Marke liegen, ab der im Falle einer landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzung Prüfaufträge und erste Handlungsempfehlungen für die Bodennutzung vorgeschlagen werden. Einen gesetzlich verbindlichen Charakter haben die Richtwerte der *Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine* allerdings nicht.

Insgesamt bestätigen die Befunde der Untersuchungen von 2009 und 2013 die Notwendigkeit des von den umliegenden Gemeinden initiierten Monitorings der Böden im Umfeld der Sonderabfalldeponie Rondeshagen.

Aufgrund der geringen Probenzahl und fehlender Referenzwerte aus dem Umfeld lässt sich aus den Messwerten ein Zusammenhang mit den Emissionen der Deponie weder belegen noch ausschließen. Die zuständigen Aufsichtsbehörden sollten aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aufgefordert werden, weitere eigene Messreihen im näheren und im weiteren Umfeld der SAD durchzuführen.

Kiel, den 18.07.2014

Bernd Schemschat  
Projektbearbeitung, Berichterstellung

Dr. Wolfram D. Kneib  
Geschäftsführer