



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.adl-zentrale.com/bsd.html

Ergebnisbericht Bodenuntersuchungen im östlichen Umfeld der Sonderabfalldeponie Rondeshagen für die Gemeinde Rondeshagen

Im Auftrag der
Gemeinde Rondeshagen

Zum Ruum 11
23919 Rondeshagen

Kiel, 16.06.2009



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2	Grundlagen zu Dioxinen und Furanen.....	5
2.1	Stoffgruppe und Ursprung	5
2.2	Toxizität.....	5
2.3	Eintragspfade und Verhalten im Boden.....	5
2.4	Aufnahme von Dioxinen durch Pflanzen, Tieren und Menschen.....	6
3	Standortauswahl	6
3.1	Probenahmeräume in Rondeshagen.....	6
3.2	Probenahmeräume in Berkenthin.....	8
4	Durchführung der Probenahme	10
5	Ergebnisse	11
5.1	Auswertung der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein	11
5.2	Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Untersuchung 1993.....	15
5.3	Aktuelle Analysenergebnisse für Dioxine (2009).....	17
5.3.1	Übersicht	17
5.3.2	Dioxinkonzentrationen der untersuchten Standorte in Rondeshagen..	18
5.3.3	Dioxinkonzentrationen der untersuchten Standorte in Berkenthin.....	19
5.4	Auswertung der Kongenerenmuster.....	21
5.5	Vergleich mit den ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ des LLUR-SH unter Einbeziehung der dioxinähnlichen PCB.....	23
6	Vergleich der Messergebnisse mit Richtwerten	24
7	Empfehlungen und Ausblick	26
8	Kurzfassung.....	28

Anlagenverzeichnis

1. Lage der Beprobungsräume 2009
2. Fotodokumentation der Beprobungsräume 2009
3. Beprobungsprotokolle 2009
4. Laborprüfbericht 2009
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) http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/BodenAltlasten/03_BodenzustandUntersuchung/03_Bodenbelastungskataster/ein_node.html
- 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 Landesvermessungsamt Schleswig Holstein: Auszug aus der Topographischen Karte 1:25.000 (TK25) und der Deutschen Grundkarte 1:5.000 (DGK 5)
- Q5 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
- Q6 Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1997): Empfehlungen für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden), Teil 1: Feldführer und Teil 2: Handbuch
- Q7 Blume, H.-P. (Hrsg.)(2004): Handbuch des Bodenschutzes, ecomed Verlag, 3. Auflage
- Q8 Umweltbundesamt (2005): Chemikalienpolitik und Schadstoffe - Dioxine, <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm>
- Q9 Bund-Länder-Kooperation (Stand Mai 2009): WebService, <http://www.pop-dioxindb.de>
- Q10 Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine (2007): DIOXINE Daten aus Deutschland, Dioxin-Referenzmessprogramm, 5. Bericht der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine
- Q11 Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Boden (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage, <http://www.labo-deutschland.de/pdf/LABO-HGW-Text.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)
TS	Trockensubstanz



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Sonderabfalldeponie Rondeshagen mit den Betriebsprozessen u. a. Antransport/ Abkippen/ Umlagern/ Ablagern/ Einbauen von Sonderabfall wird als potenzieller Emittent von Problemstoffen angesehen, die als Immission in die Böden und andere Schutzgüter der Umgebung gelangen können.

Im Rahmen des vom Geologischen Dienst Schleswig-Holstein geführten Bodenbelastungskatasters¹ zur Beweissicherung und Vorsorge wurden erstmals 1993 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.“*

Mit diesem Hintergrund wurde der BODENSCHUTZDIENST für Städte und Gemeinden (BSD) am 24.03.2009 von der Gemeinde Rondeshagen beauftragt, entsprechend des Angebotes vom 06.02.2009 an drei Standorten im Gemeindegebiet Bodenuntersuchungen im östlichen Umfeld der Sonderabfalldeponie durchzuführen. Dort sollten die Oberböden nach dem Verfahren des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein beprobt und auf die ökotoxikologisch bedeutenden Problemstoffe chlorierte Dibenzo-p-Dioxine („Dioxine“) und chlorierte Dibenzofurane („Furane“) sowie dioxinähnliche PCB (Polychlorierte Biphenyle) untersucht werden.

Im Anschluss daran wurde der BSD auch von der Gemeinde Berkenthin beauftragt auf ihrem Gemeindegebiet drei weitere Standorte nach dem gleichen Verfahren zu untersuchen.

Die Ergebnisse sollen in den beiden zu erstellenden Berichten wechselseitig verwendet werden.

¹ Für das 1990 im Auftrag des Umweltbundesamtes vom Geologischen Dienst eingerichtete Bodenbelastungskataster Schleswig-Holstein sollen zunächst bis zu 2.000 Bodenmaterialproben auf Schwermetalle und Arsen, Dioxine, Furane und andere organische Schadstoffe untersucht werden, davon sollen ca. 1.400 Proben aus repräsentativen Standorten stammen und etwa 600 aus Standorten mit bekannten oder vermuteten Bodenbelastungen (Sonderuntersuchungen), bisher wurden ca. 1.500 Standorte beprobt /Q2/.



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 treten immer als Gemische von Einzelverbindungen (Kongenere) unterschiedlicher Zusammensetzung auf. Sie sind weitgehend anthropogenen Ursprungs und entstehen als unerwünschte Nebenprodukte einer Vielzahl industrieller Synthesen und thermischer Prozesse (z. B. Müllverbrennung) /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, Komposte, Gülle etc. gelangen Dioxine 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 können diese über Tausende von Kilometern transportiert werden /Q7/.

Das Verhalten von Dioxinen in der Umwelt und in den Böden wird bestimmt durch deren geringe Wasserlöslichkeit und geringe Flüchtigkeit sowie durch ihre Langlebigkeit. Dioxine werden sehr stark an Bodenpartikeln sorbiert, vor allem an Humus. Sie werden aber auch in sandigen Böden fest gebunden /Q7/.



Aufgrund der genannten Eigenschaften werden Dioxine 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/.

Die Halbwertszeiten der Dioxine unter Feldbedingungen im Oberboden werden mit 9-15 Jahren und im Unterboden mit 25-100 Jahren angegeben /Q7/. Dioxingehalte 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 werden mit wenigen Ausnahmen (Zucchini) kaum von Nahrungspflanzen aufgenommen. Sie gelangen über außen an Gemüsepflanzen oder Gräsern anhaftende Boden- oder Staubpartikel in die Nahrungskette. 90-95% der von Menschen aufgenommenen Dioxine gelangen über die Nahrungsaufnahme in den Körper. Durchschnittlich zwei Drittel davon stammen aus dem Verzehr tierischer Produkte /Q8/.

3 Standortauswahl

3.1 Probenahmeräume in Rondeshagen

Für die Probenahme in der *Gemeinde Rondeshagen* sollten Standorte ausgewählt werden, bei denen gute Bedingungen bzw. ein großes Risiko für die Deposition (Ablagerung) und Akkumulation (Anreicherung) von Schadstoffen aus der Deponie vorliegt. Unter der Annahme, dass eine Gefährdung der Schutzgüter im Umfeld der Deponie vornehmlich durch den Eintrag von schadstoffbelasteten Stäuben über den Luftpfad gegeben ist, 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, bei denen es zu Luftverwirbelungen und Staubverwehungen kommen kann).

Es sollten jedoch keine aktuell überformten Standorte beprobt werden oder solche, deren Oberböden durch die Nutzung regelmäßig durchmischt werden (z.B. durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitung).

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

Entsprechend dieser Überlegungen wurden bei einer Besprechung und Ortsbegehung am 28.01.2009 in der Gemeinde Rondeshagen drei Probenahmeräume ausgewählt, die in der folgenden Übersicht 1 dargestellt sind (siehe Anlage 1). Bei der Standortauswahl waren Vertreter der Gemeinde Rondeshagen, der Bürgervereinigung gegen die Giftmülldeponie und des BODENSCHUTZDIENSTES beteiligt.

Übersicht 1 Beprobungsräume in der Gemeinde Rondeshagen

• Probenahmeraum 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 einem 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, Radius 10 m, Entnahmetiefe 0-5 cm, mineralischer Oberboden unter der Humusauflage, 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	130 m westlich der Entnahmestelle BBKSH 313, gleiches Waldstück, dort wurde allerdings die Humusauflage beprobt, daher ist keine direkte Vergleichbarkeit gegeben

• Probenahmeraum Rond 2

Lage	120 m westlich vom Gutsfriedhof
Entfernung und Lage zur Deponie	300 m in Richtung Ost-Nordost
Nutzung	seit Jahrzehnten Wallknick, 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 (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	20 m südlich der Entnahmestelle BBKSH 313 im angrenzenden Waldstück, dort wurde allerdings die Humusauflage beprobt (s. o.)

• Probenahmeraum Rond 3

Lage	250 m nordöstlich von Klein-Weeden
Entfernung und Lage zur Deponie	500 m in Richtung Ost-Südost
Nutzung	seit Jahrzehnten Wallknick, 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 (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	In Lage und Entnahmetiefe identisch mit der Entnahmestelle BBKSH Nr. 377 und daher direkt mit dieser vergleichbar



3.2 Probenahmeräume in Berkenthin

Bei der Auswahl der Standorte für die *Gemeinde Berkenthin* wurde eine andere Strategie verfolgt. Es sollten Bereiche in exponierter Lage innerhalb des Siedlungsgebietes mit sensibler Nutzung beprobt werden. Dabei sollten wie in Rondeshagen Standorte mit guten Depositionsbedingungen und Akkumulationseigenschaften ausgewählt werden, deren Böden in den letzten Jahrzehnten durch die Nutzung möglichst wenig durchmischt oder überformt wurden.

Mit diesen Vorgaben wurden bei einer Geländebegehung am 14.04.2009 auf dem Gemeindegebiet von Berkenthin die in der folgenden Übersicht 2 dargestellten drei Probenahmeräume festgelegt (siehe auch Anlage 1). Bei der Standortauswahl war je ein Vertreter der Gemeinde Berkenthin, der Bürgervereinigung gegen die Giftmülldeponie und des BODENSCHUTZDIENSTES beteiligt.

Übersicht 2 Beprobungsräume in der Gemeinde Berkenthin

• Probenahmeraum 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 Wallknick, 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 (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	670 m südwestlich der Entnahmestelle BBKSH 433, Ackerfläche am Siedlungsrand, ein direkter Vergleich nicht möglich

• Probenahmeraum 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 Wallknick, Ost-West ausgerichtet, der Knick wurde vor kurzem auf den Stock gesetzt, die Kinder nutzen den Knick mit als Spielfläche
Zustand des Oberbodens	Auf dem Wall ist die Bodenoberfläche durch häufiges 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 (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	1.050 m südöstlich der Entnahmestelle BBKSH 433 (s. o.)

• Probenahmeraum Berk 3

Lage	auf der Westseite der Kirche, aufgrund der Erhebung unmittelbar östlich der Kanalniederung exponiert 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)	Gerade, Länge 62,80 m, Entnahmetiefe 0-5 cm, mineralischer Oberboden, 1 Mischprobe aus 22 Stechzylinderproben (100 cm ³)
Lagebezug zur Untersuchung von 1993	1.400 m südöstlich der Entnahmestelle BBKSH 433 (s. o.)



4 Durchführung 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 cm³-Stechzylindern entnommen, sodass sich ein Bodenvolumen von 2.200 cm³ ergibt. Nach der Durchmischung werden davon 750 cm³ 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.

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

Im ersten Fall wird der Kreisbogen in 10 gleiche Abschnitte (jeweils 30°) geteilt. Damit ergeben sich 10 Beprobungspunkte auf dem Kreisbogen und zusammen mit dem Kreismittelpunkt, der ebenfalls beprobt wird, 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 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 verlegen. Ebenso können die vorgegebenen Maße für den Kreis und die Gerade in einem gewissen Rahmen an die örtlichen Standortverhältnisse angepasst 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, /Q5/) 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.

Die Probenahme für die Gemeinde Rondeshagen erfolgte am 07. und 14.04.2009, und für die Gemeinde Berkenthin am 15.04.2009.

5 Ergebnisse

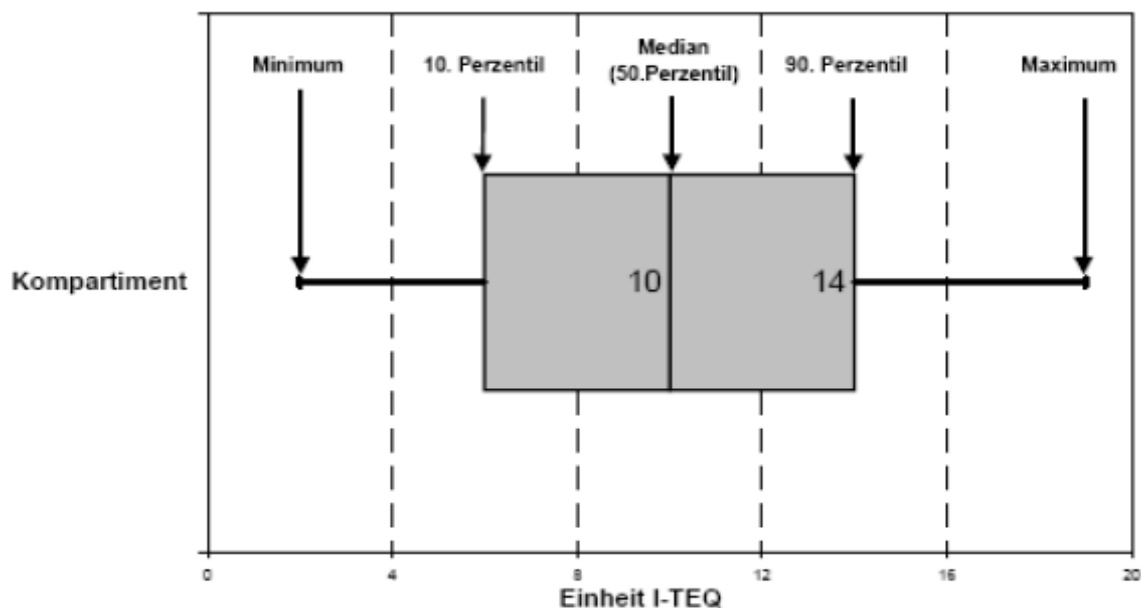
5.1 Auswertung der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein

Die folgenden Abbildungen mit Auswertungsergebnissen der Dioxin-POP²-Datenbank des Bundes und der Länder (Stand 2007 /Q9 und Q10/) sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein /Q3/ dienen als Grundlage zur Einstufung der im Umfeld der Sonderabfalldeponie Rondeshagen in den Untersuchungen 1993 und 2009 ermittelten Dioxin-/Furankonzentrationen.

Die Abbildung 1 erläutert die in den nachfolgenden Abbildungen verwendeten statistischen Werte. 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.

- Spannweite 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 den breiten grauen Balken
- 10. Perzentil: kennzeichnet die niedrigsten 10% der Messwerte, in den folgenden Abbildungen aus Platzgründen nicht als Zahl, sondern nur graphisch dargestellt

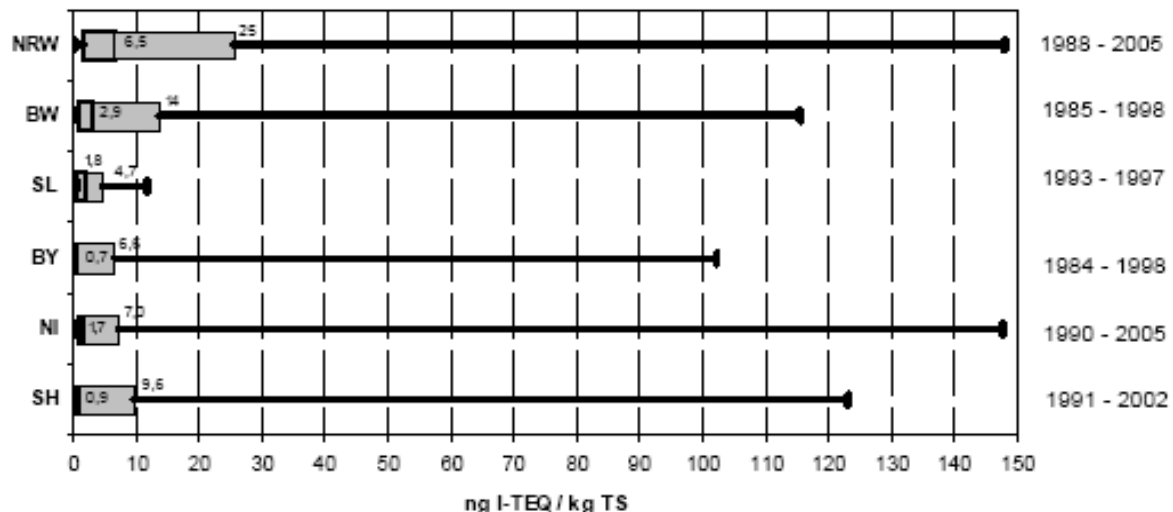
Abbildung 1: Nachfolgend verwendete statistische Werte /Q10/



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

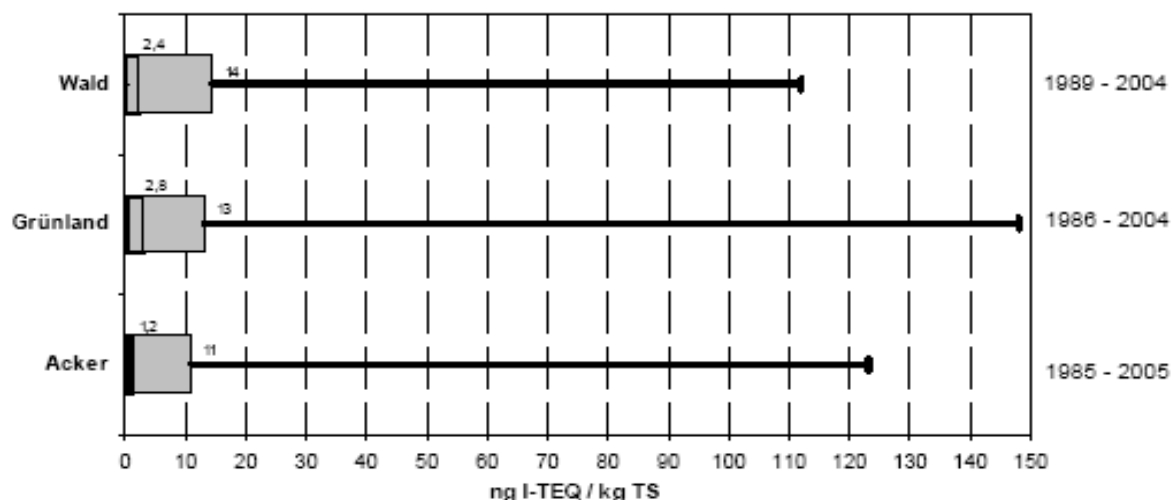
Abb. 2: Vergleich der in mineralischen Oberböden ohne besondere Belastungssituation *in verschiedenen Bundesländern* gemessenen Dioxinkonzentrationen (gesamt n=1.341; Nordrhein-Westfalen n=295, Baden-Württemberg n=253, Saarland n=45, Bayern n=223, Niedersachsen n= 281, Schleswig-Holstein n=244) /Q10/

Erfassungszeitraum



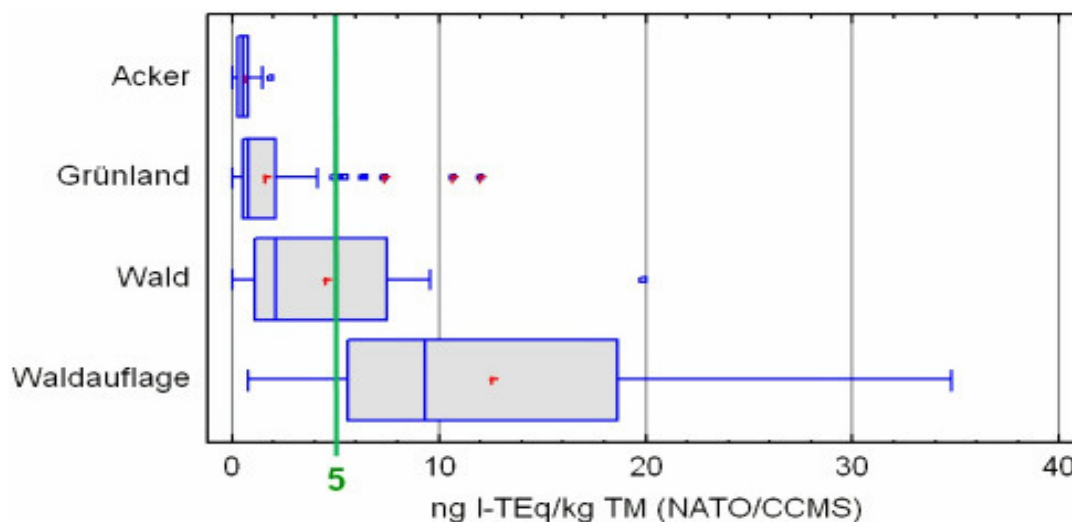
Wie aus der Abbildung 2 deutlich wird, liegen die mittleren Konzentrationen der mineralischen Oberböden in den verschiedenen Bundesländern nutzungsübergreifend zwischen 0,7 und 6,5 ng I-TE/kg TS. Das 90. Perzentil schwankt zwischen 4,7 und 25 ng. Die in Schleswig-Holstein gemessenen Werte liegen mit 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 der eingetragenen Dioxine durch die regelmäßige Bodenbearbeitung bei Ackernutzung zurückzuführen /Q10/.

Abb. 4: Hintergrundwerte für Dioxinkonzentrationen in mineralischen Oberböden Schleswig-Holsteins *in Abhängigkeit vom Nutzungstyp* (gesamt n=296, Acker n=118, Grünland n=132, Wald: mineralischer Oberboden n=24, Humusauflage n=22) /Q3/
(Anmerkung: Abweichend von den übrigen Abbildungen dieses Typs, ist in dieser statt des 10. und 90. Perzentils das 25. und 75. dargestellt, weitere Perzentile sind in der nachfolgenden Tab. 1 angegeben)



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

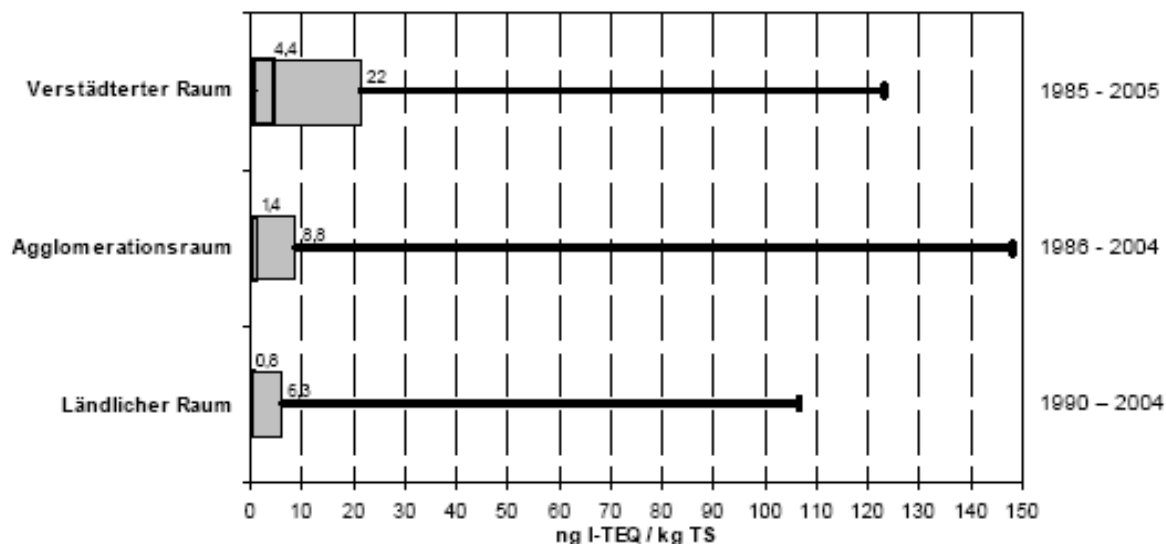
Tabelle 1: Hintergrundwerte für Dioxinkonzentrationen in mineralischen Oberböden Schleswig-Holsteins *in Abhängigkeit vom Nutzungstyp*, Zahlenwerte für die Abbildung 4 /Q3/

Perzentile	Acker	Grünland	Wald	
			1. min. Horizont	Humusauflage
<i>n</i>	118	132	24	22
5%	0,07	0,16	0,12	0,9
10%	0,12	0,21	0,67	2,6
25%	0,24	0,47	1,11	2,6
50%	0,48	0,76	2,1	9,3
75%	0,76	2,2	7,5	18,7
90%	1,0	4,1	9,4	22,2
95%	1,3	6,3	9,6	33,8

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.

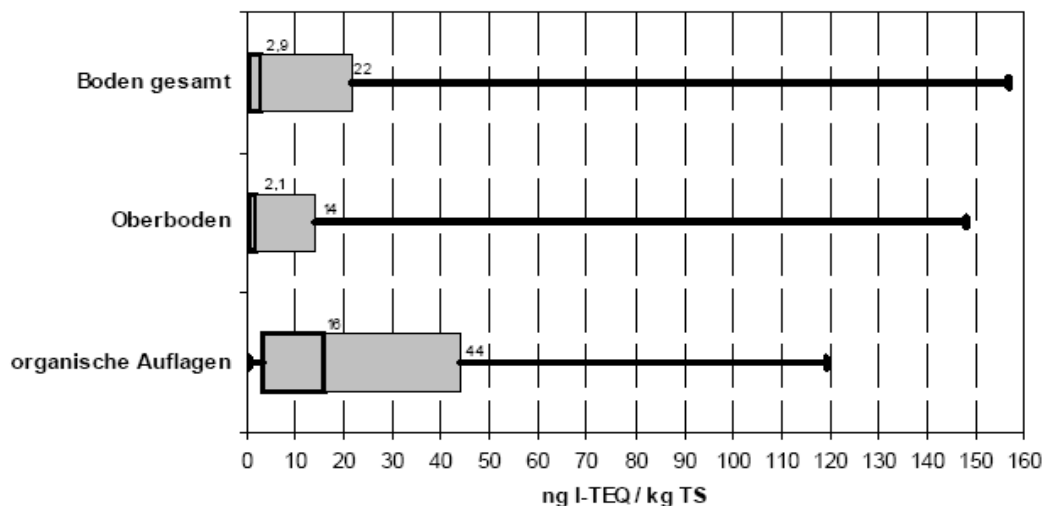
Abb. 5: Dioxinkonzentrationen in mineralischen Oberböden (A-Horizont, bundesweite Messungen) ohne besondere Belastungssituation unter *Berücksichtigung des Gebietstyp* (Städtischer Raum n=587, Agglomerationsraum n=310, Ländlicher Raum n=264) /Q10/



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 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-TE/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 Humusauflagen (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 Oberböden liegen /Q10/. Für Schleswig-Holstein wurde ein Faktor von 4,5 ermittelt (Abb. 4 /Q3/)

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 Humusauflagen und den mineralischen Oberböden weitgehend stabil /Q10/.

5.2 Zusammenstellung der Ergebnisse aus der Untersuchung 1993

Die folgende Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse der Beprobung 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/ beurteilt.

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

Fortlaufende Nr.	BBKSH-Nr.	Entfernung zur Deponie [m]	Richtung zur Deponie	Nutzung	Material	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 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 grün unterlegt) stammen aus den drei untersuchten Waldstandorten ^{s. Tab.1}. Bei den Proben handelt es sich um die beiden beprobten Humusauflagen und zwei mineralische Oberböden. Die Messwerte für die beiden 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. 5) und Schleswig-Holsteins (9,3 ng, n=22 /Q3/, s. Tab. 1). Die Werte der beiden betreffenden mineralischen Oberböden liegen dagegen um den Faktor 2 über den mittleren Konzentrationen der in Deutschland (2,4 ng, n=219, s. Abb. 3 /Q10/) und Schleswig-Holstein (2,1 ng, n=24, s. Tab 1 /Q3/) untersuchten A-Horizonte unter Wald.

In den Oberbodenproben der beiden Walkknicks bzw. des Ackerrains wurden Konzentrationen von >3,5 und <5 ng ermittelt (in Tab. 2 hellgrün unterlegt). Diese Standorte können bezüglich ihrer Depositionsbedingungen und Akkumulationseigenschaften in etwa zwischen den Waldstandorten und Ackerflächen eingestuft 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 Humusauflagen und mineralischen Oberböden in Bereichen mit guten Depositionsbedingungen und hoher Akkumulationsneigung, wie ungestörte Wald- und Knickstandorte, höher sind als in Bereichen, deren Oberböden durch regelmäßige Bodenbearbeitung (Acker) beeinflusst sind. Durch die Bodenbearbeitung kommt es zu einer stärkeren Verteilung 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 Werten (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/ zeigen die Messwerte der Untersuchung von 1993 insgesamt keine großen Abweichungen.

Die Proben mit den höheren Dioxin- und Furankonzentrationen unter Wald bzw. Walkknick-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/. Eine Beurteilung der Messergebnisse im Vergleich zu Grenz- und Referenzwerten erfolgt in Kapitel 6.

5.3 Aktuelle Analyseergebnisse für Dioxine (2009)

5.3.1 Übersicht

Die folgende Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse der Untersuchung von 2009 für die Gemeinden Rondeshagen und Berkenthin im Vergleich mit den Maßnahmenwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) und dem Grenzwert der Klärschlammverordnung für landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen sowie dem Vorschlag für Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine.

Tabelle 3: Übersicht der Ergebnisse der Untersuchung von 2009 im Vergleich mit Referenzwerten

Probenbezeichnung	Entfernung zur Deponie [m]	Richtung zur Deponie	Nutzung	Material	Entnahmetiefe [cm]	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kg TS] n. NATO/CCMS 1988	Dioxinähnliche PCB [ng WHO-TEQ/kg TS] 1998	pH-Wert	Bodentyp
Rond 1	250	ONO	Wald	Oberboden	0-5	6,50	1,58	2,97	LL-SS
Rond 2	300	ONO	Walknick	Oberboden	0-5	7,51	1,27	3,32	RQ-SS
Rond 3	500	OSO	Walknick	Oberboden	0-5	3,11	0,73	4,30	BB
Berk 1	1.500	SO	Walknick	Oberboden	0-5	3,09	0,82	4,03	RQ-SS
Berk 2	2.150	SO	Walknick	Oberboden	0-5	4,99	2,28	3,54	RQ
Berk 3	2.650	SO	Grünfläche	Oberboden	0-5	1,55	1,40	4,58	YO
BBodSchV: Maßnahmenwerte, Wirkungspfad Boden-Mensch:									
Kinderspielflächen						100			
Wohngebiete						1.000			
Park- und Freizeitanlagen						1.000			
Industrie- und Gewerbegrundstücke						10.000			
Klärschlammverordnung, Grenzwert für die Aufbringung auf landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen						100			
Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine: Vorschlag für Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung:									
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			
Hintergrundwerte mineralischer Oberböden Schleswig-Holsteins nutzungsübergreifend, n=244 /Q10/ (s. Abb. 2)					Median	0,9			
					90. Perzentil	9,6			

Kennzeichnung der Bodentypen (auch für Tab. 2): LL Parabraunerde, SS Pseudogley, RQ Regosol, BB Braunerde, RZ Pararendzina, GM Anmorgley, YO Hortisol

Die in Tabelle 3 für Schleswig-Holstein angegebenen Hintergrundwerte basieren auf der Auswertung von 244 Messwerten aus unbelastet eingestuftem Gebieten mit unterschiedlichen Siedlungs- und Nutzungstypen (s. Abb. 2) /Q10/. Eine differenzierte Beurteilung der aktuellen Messergebnisse unter Berücksichtigung der Siedlungsstruktur und der Nutzung ist in den folgenden Kapiteln dargestellt.

5.3.2 Dioxinkonzentrationen der untersuchten Standorte in Rondeshagen

Überblick und Vergleich mit bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten

Die Dioxinkonzentrationen der drei im Gemeindegebiet von Rondeshagen beprobten mineralischen Oberbodenhorizonte liegen bei 3,11, 6,50 und 7,51 ng I-TEQ/kg TS. Die Beprobungsstandorte weisen entsprechend der vereinbarten Auswahlkriterien eine günstige Exposition zur Deponie (s. Kap. 3) und standorttypische Böden auf, die nicht einer regelmäßigen Bodenbearbeitung unterliegen.

Der höchste Messwert (7,51 ng) wurde in der Oberbodenmischprobe (Probenbezeichnung *Rond 2*) des direkt vor dem Friedhofswald liegenden Wallknicks mit einer Entfernung von ca. 300 m nordöstlich zur Deponie festgestellt. Die 22 Einzelproben zur Gewinnung der Mischprobe wurden direkt auf dem Wallknick in Lee-Position des Firstbereiches entnommen, d. h. einem Bereich mit bevorzugten Ablagerungsbedingungen für Stäube.

Die Probe mit dem Zweithöchstwert (6,50 ng, *Rond 1*) stammt aus dem nördlich des Wallknicks angrenzenden Friedhofswald (ca. 250 m nordöstlich der Deponie). Es handelt sich ebenfalls um eine Probe des mineralischen Oberbodens. Die Stechzylinderproben wurden direkt unterhalb der Humusaufgabe entnommen. Beide Standorte weisen auch unabhängig der Sonderabfalldeponie gute Expositionsbedingungen für die Deposition (Ablagerung) und Akkumulation (Anreicherung) persistenter (langlebiger) atmosphärisch transportierter Stoffe auf.

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten mineralischer Oberböden anderer als unbelastet eingestufte Bereiche Deutschlands mit ähnlicher Nutzung (Wald), liegen die beiden höheren Messwerte um den Faktor 3 über dem betreffenden Median (2,4 ng I-TEQ/kg TS, bundesweit n=182, s. Abb. 3 /Q10/, bzw. 2,1 ng für Schleswig-Holstein n=24, s. Tab. 1 /Q3/), aber noch deutlich unterhalb des 90. Perzentils: 14 ng bundesweit (d. h. 90 % der Messwerte liegen unter 14 ng), bzw. 9,3 ng für Schleswig-Holstein.

Vergleich mit den Messergebnissen der Untersuchung von 1993

Die höchsten Messwerte der Untersuchung des Jahres 1993 für vergleichbare Oberböden und ähnlicher Nutzung (Gehölz), allerdings in unterschiedlicher Position und Entfernung zur Deponie lagen bei 5,31 ng (BBKSH-Nr. 379, 50 m südlich der Deponie) und 5,15 ng (BBKSH-Nr. 381, 1.300 m nord-nordwestlich der Deponie /Q1/). Die Abweichung dieser Werte von den aktuellen Messwerten (7,51 und 6,5 ng) ist als gering einzustufen. Eine Erhöhung der Belastung ist daraus nicht ableitbar.

Einen direkten Ergebnisvergleich der Untersuchungen von 1993 und 2009 ermöglicht die Parallelbeprobung des Standortes auf dem Wallknick 500 m östlich der Deponie im Grenzbereich zum Gemeindegebiet Berkenthin. Der Probenahmeraum BBKSH 377 von 1993 mit einer Dioxinkonzentration in der Oberbodenmischprobe von 3,51 ng I-TEQ/kg TS (s. Tab. 3) ist in Lage und Entnahmetiefe identisch mit dem Probenahmeraum *Rond 3* von 2009 mit einem Messwert von 3,11 ng in der Mischprobe (s. Tab. 2).



Die Differenz dieser beiden Werte ist als sehr gering einzustufen. Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass es sich um Toxizitätsäquivalente handelt, die aus der Gewichtung der Messwerte von 17 Einzelverbindungen in einem sehr geringen Konzentrationsbereich von 10^{-9} g/kg errechnet werden (s. Kap. 2.2). Da es sich allerdings nur um einen einzigen direkten Vergleichsstandort handelt, kann dieses Ergebnis nur als ein kleiner Anhaltspunkt dafür angesehen werden, dass sich mit dem gewählten Probenahmeverfahren und der Laboranalytik reproduzierbare Ergebnisse erzielen lassen.

Der Unterschied in den beiden Messwerten kann nicht als Rückgang der Dioxinbelastung an diesem Standort interpretiert werden.

Detailbetrachtung

Im Vergleich zu den bereits genannten Standorten Rond 1 und 2 mit ähnlich guten Depositionsbedingungen fällt der Messwert am Standort *Rond 3* geringer aus. Sowohl im Protokoll der Probenahme 1993 als auch 2009 wurde beim Standort Rond 3 als Merkmal Bioturbation notiert. Dabei handelt es sich um Anzeichen einer Durchmischung des Oberbodens durch Bodentiere, vornehmlich Regenwürmer, erkennbar an der typischen Krümelstruktur des Oberbodens. Durch Bioturbation können auch hydrophobe, stark sorbierende Problemstoffe wie Dioxine, die nach der Deposition über den Luftpfad in den oberen Zentimetern des Bodens fixiert werden, in tiefere Bodenzonen gelangen, dies würde eine Verdünnung der Konzentration im oberflächennahen Beprobungsbereich bedeuten.

Entsprechend der selbst für Waldböden sehr niedrigen pH-Werte von 2,97 und 3,32 (s. Tab. 3), die als extrem sauer einzustufen sind (nach /Q6/), wurden bei den Standorten Rond 1 und 2 keine Anzeichen von Bioturbation vorgefunden. Regenwürmer sind bei pH-Werten $< 3,5$ im Boden nicht überlebensfähig. Zum Vergleich: In der Mischprobe des Standortes Rond 3 mit erkennbarer Bioturbation wurde ein pH-Wert von 4,3 gemessen (stark sauer).

Zusammenfassung und Bezug zur Sonderabfalldeponie

Wie dargestellt liegen die aktuellen Messwerte in Rondeshagen z. T. um den Faktor 3 über den Hintergrundwerten unbelastet eingestufte Bereiche Deutschlands und Schleswig-Holsteins mit ähnlicher Nutzung. Eine Zuweisung der gemessenen Dioxinkonzentrationen zur Deponie als Quelle kann (wie bereits bei der Untersuchung 1993) daraus auch bei Hinzuziehung der Messwerte für die Gemeinde Berkenthin nicht abgeleitet werden.

Die umgekehrte Schlussfolgerung, dass von der Deponie keine dioxinhaltigen Stäube ausgetragen und in die Umgebung eingetragen werden, lässt allerdings weder die Untersuchung von 1993, noch die von 2009 mit nur 6 analysierten Proben zu.

5.3.3 Dioxinkonzentrationen der untersuchten Standorte in Berkenthin

Überblick und Vergleich mit bundesweiten und schleswig-holsteinischen Messwerten

Die Oberböden der drei innerörtlichen Beprobungsräume in Berkenthin weisen Dioxinkonzentrationen von 1,55, 3,09 und 4,99 ng I-TEQ/kg TS auf. Die Standorte wurden gemäß der Vorgaben nach den Kriterien exponierte Lage, Siedlungsgebiet, sensible Nutzung und möglichst wenig Überformung ausgewählt (s. Kap. 3). Die höheren beiden Messwerte wurden in zwei Wallknickstandorten und der niedrigere Wert in einem Grünflächenbereich gemessen.

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder sowie des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holsteins für unbelastet eingestufte Bereiche mit ähnlichen Nutzungs- und Siedlungstypen, weisen die die aktuellen Messwerte in Berkenthin keine großen Abweichungen auf. So liegt der Median für Oberböden in verstädterten Räumen ohne besondere Belastungssituation gemäß der Dioxin-Datenbank bundesweit bei 4,4 ng I-TEQ/kg TS (n=587, s. Abb. 4) /Q10/. Der Median für mineralische Oberböden unter Waldnutzung (am ehesten mit den Standortbedingungen von Wallknicks vergleichbar) liegt bundesweit bei 2,4 ng (n=182, s. Abb. 3). Dieser Wert berücksichtigt allerdings sowohl siedlungsnah als auch siedlungsferne Waldstandorte. Der entsprechende Median für Waldböden Schleswig-Holsteins liegt bei 2,1 ng (n=24 /Q3/, s. Abb.4 und Tab.1).

Vergleich mit den Messergebnissen der Untersuchung von 1993

Die Dioxinkonzentrationen der 13 im Jahr 1993 beprobten mineralischen Oberböden liegen zwischen 0,60 und 5,31 ng I-TEQ/kg TS /Q1/. Die aktuellen Messergebnisse in Berkenthin (1,55 bis 4,99 ng) liegen innerhalb dieser Spannweite. Ein direkter Vergleich der Beprobungsstandorte der Untersuchungen von 1993 und 2009 ist nicht möglich. Dafür liegen die einzelnen Probenahmeräume der beiden Untersuchungen zu weit voneinander entfernt und werden zu unterschiedlich genutzt.

Detailbetrachtung

Die höchste Dioxinkonzentration der aktuellen Untersuchung (4,99 ng) wurde im Oberboden des Wallknicks auf dem örtlichen Kindergartengelände in einer Entfernung von 2.150 m südöstlich der Deponie gemessen (Probenbezeichnung *Berk 2*).

Der Knick wurde vor kurzem auf den Stock gesetzt, die Kinder nutzen die Südseite und den Firstbereich des Wallknicks mit als Spielfläche. Dementsprechend ist der Oberboden in diesen Bereichen durch Trittverdichtung gestört. Die Probenahme erfolgte daher auf der weitgehend ungestörten Nordseite des Wallknicks. Einige der Einzelprobenentnahmestellen liegen im Einflussbereich des Stammabflusses der Knickgehölze. Diese Bereiche sind als besonders exponiert für Stoffeinträge aus der Luft einzustufen.

Entsprechend des sehr niedrigen pH-Wertes von 3,54 (sehr stark sauer) wurden an diesem Standort keine Anzeichen von Bioturbation durch Regenwürmer festgestellt. Es ist daher nicht davon auszugehen, dass es im Beprobungsbereich durch Bioturbation zu einer nennenswerten Verdünnung (s. Kap. 5.3.2) atmosphärisch eingetragener Stoffe gekommen ist.

Im Oberboden des Wallknicks am westlichen Ortsrand zwischen der Sportanlage und der Neubausiedlung in der Von-Parkentin-Straße wurde eine Dioxinkonzentration von 3,09 ng gemessen (*Berk 1*). Der Probenahmeraum liegt 1.500 m südöstlich der Deponie.

Die niedrigste Dioxinkonzentration (1,55 ng) wurde im Oberboden der Grünfläche unmittelbar westlich der Berkenthiner Kirche gemessen (*Berk 3*). Der Standort liegt 2.650 m südöstlich der Deponie auf einer exponiert gelegenen Erhebung unmittelbar östlich der Stecknitz-Niederung mit dem Elbe-Lübeck-Kanal. Der Standort wurde über Jahrhunderte als Friedhof genutzt, bis ca. 1850. Die heutige Grün- und Rasenfläche mit vereinzelt Grabsteinen wird regelmäßig gemäht.

Die pH-Werte der Oberbodenmischproben *Berk 1 und 3* liegen bei 4,03 und 4,58 (stark sauer), d. h. Regenwürmer sind noch überlebensfähig. Dementsprechend wurden an beiden Standorten bei der Probenahme Anzeichen von Bioturbation registriert.

Zusammenfassung und Bezug zur Sonderabfalldeponie

Im Gegensatz zu den Messpunkten in Rondeshagen sind die drei Probenahmeräume in Berkenthin einheitlich in Südost-Lage mit unterschiedlichen Entfernungen zur Deponie ausgerichtet. Der Probenahmeraum mit der größten räumlichen Distanz zur Deponie weist zwar die niedrigste Dioxinkonzentration auf, ein Gradient mit abnehmenden Gehalten bei zunehmendem Abstand zur Deponie lässt sich aus den Messwerten jedoch nicht ableiten. Die Unterschiede der Messwerte sind unter Einbeziehung der Befunde aus der Gemeinde Rondeshagen und der Untersuchung von 1993 offensichtlich eher durch unterschiedliche Nutzungen und damit verbundene Überformungen sowie verschiedene Standorteigenschaften und unterschiedliche Expositionsbedingungen erklärbar.

Wie dargestellt gibt es keine großen Abweichungen zwischen den aktuellen Messwerten in Berkenthin und den Medianwerten der bundesweiten Dioxin-Datenbank und des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein für vergleichbare Siedlungs- und Nutzungstypen. Eine Zuordnung der ermittelten Dioxinkonzentrationen zur Deponie als Quelle ist daher nicht möglich. Den Umkehrschluss, dass von der Deponie keine dioxinbelasteten Stäube emittiert werden und als Immission in umliegende Schutzgüter gelangen, lassen die Untersuchungen aufgrund der geringen Probenzahl allerdings nicht zu.

5.4 Auswertung der Kongenerenmuster

Die Maßeinheit I-TEQ (internationale Toxizitätsäquivalente) wird für die wirkungsbezogene Konzentrationsangabe von Dioxinen/Furanen verwendet (s. Kap. 2.1 und 2.2). Sie entspricht der Summe der mit der toxischen Wirksamkeit gewichteten Gehalte der 17 verschiedenen Dioxin-/Furanverbindungen (Kongeneren). Die Verteilungsmuster der Konzentrationen der 17 Einzelverbindungen (Kongenerenmuster) können Hinweise auf die Herkunft der Dioxine geben. Die Kongenerenmuster der aktuellen Messwerte in Rondeshagen und Berkenthin unterscheiden sich nicht von denen bundesweiter Messungen in unbelasteten Gebieten, wie die nachfolgenden beiden Abbildungen 7 und 8 zeigen.

Die Auswertungen der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder hat zudem gezeigt, dass die Oberböden wie auch die Humusaufgaben Ähnlichkeiten mit dem Verteilungsmuster aus Immissions- und Depositionsproben aufweisen /Q10/.

Daraus lässt sich folgern, dass auch aufgrund der Verteilungsmuster der Einzelkonzentrationen eine Zuweisung der aktuellen Messwerte zur Sondermülldeponie als Quelle nicht möglich ist. Die umgekehrte Schlussfolgerung, dass von der Deponie keine dioxinhaltigen Stäube emittiert werden, lassen die Untersuchungen jedoch auch in diesem Fall nicht zu.

Die Abbildungen Nr. 7 und 8 zeigen allerdings auch, dass die mittleren absoluten Messwerte für die Einzelverbindungen in Rondeshagen und Berkenthin etwa um den Faktor 3 über den bundesweit ermittelten Konzentrationen liegen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der dargestellten Auswertung der bundesweiten Daten in Abbildung 7 nur unbelastete Standorte ohne Differenzierung der Nutzungen eingegangen sind. Zum großen Teil handelt es sich um Standorte ländlicher Räume mit von vornherein geringeren Belastungen und Ackerflächen, bei denen atmosphärische Einträge durch die Bodenbearbeitung eingemischt und damit „verdünnt“ wurden. Bei den Untersuchungsstandorten in Rondeshagen und Berkenthin handelt es sich dagegen um unbearbeitete Böden mit bevorzugten Depositions- und Akkumulationsbedingungen für Schadstoffe.

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

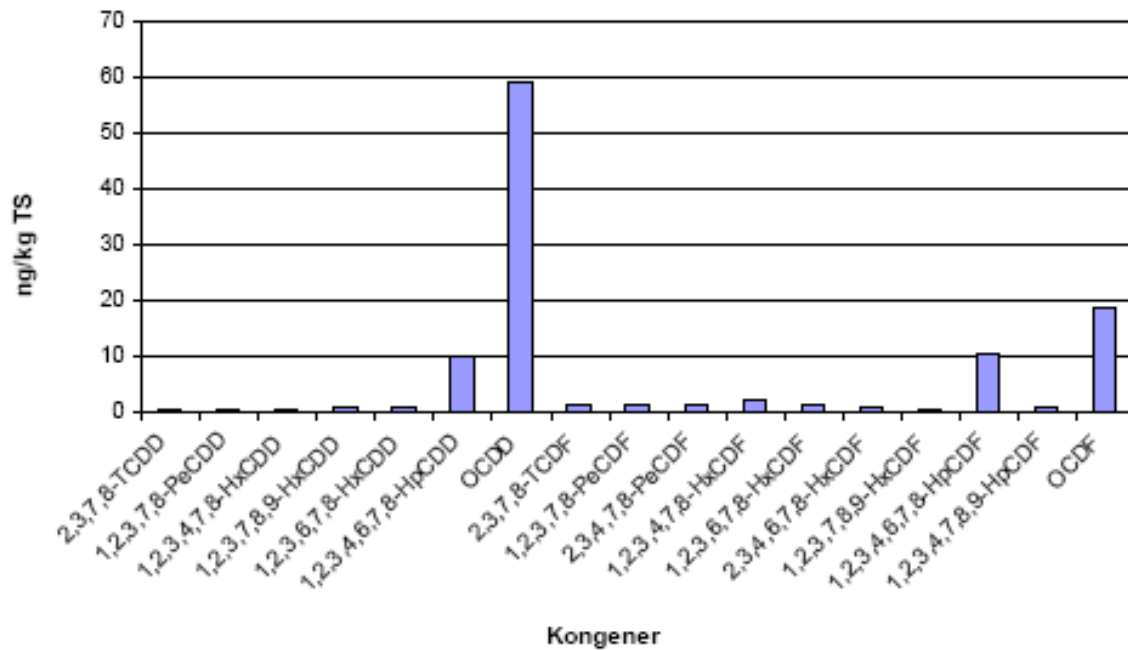
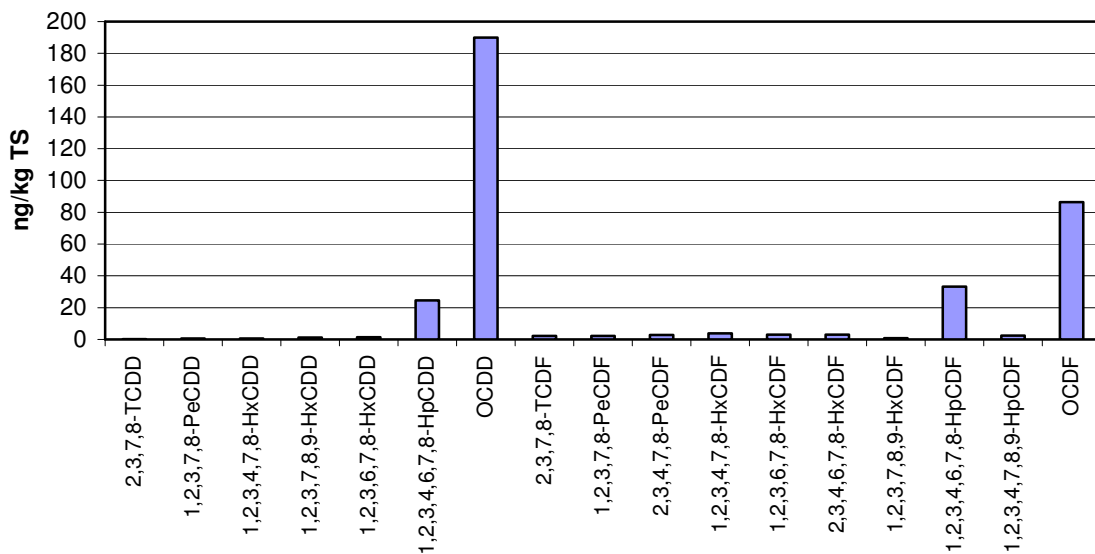


Abb. 8: Durchschnittliche Konzentrationen der PCDD/PCDF-(Dioxin-) Kongenere der aktuellen Untersuchung in Rondehagen und Berkenthin (n=6; 2009)



5.5 Vergleich mit den ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ des LLUR-SH unter Einbeziehung der dioxinähnlichen 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. Im Unterschied zum Datenbestand für Dioxinkonzentrationen in Böden sind bisher relativ wenige standardisierte Vergleichswerte für die dl-PCB veröffentlicht.

Im Rahmen der ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ wurden 2008 vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holsteins (LLUR-SH) vornehmlich westlich Hamburgs Oberbodenproben (0-5cm) auf Dioxine und dl-PCB untersucht. Primär ging es dabei um die Dioxinbelastung der Elbschlicke und Elbmarschen /Q3/. Es handelt sich daher um einen völlig anderen Naturraum und mit der Sedimentfracht der Elbe eine ganz andere Belastungsquelle.

Der Median der *Dioxinkonzentrationen* der Außendeichproben liegt bei 23 ng I-TEQ/kg TS (n=35, Maximalwert = 123 ng) und der der Proben aus den Innendeichbereich mit ehemaligen Überflutungsflächen bei 4,7 ng (n=23, Maximalwert = 123 ng) /Q3/.

Wie die Tabellen 3 und 4 zeigen, liegen die in den Oberbodenproben aus Rondeshagen und Berkenthin gemessenen Dioxinkonzentrationen etwa in der Größenordnung derer des Innendeichbereichs. Die Maximalwerte liegen im Innendeichbereich der Elbe allerdings deutlich über den Werten aus Rondeshagen und Berkenthin.

Von den im Elbbereich (Innen- und Außendeichs) auf *dioxinähnliche PCB* analysierten 43 Proben liegen 8 im Bereich <0,05 ng WHO-TEQ/kg TS und 5 im Bereich >5 und <10 ng. Mit 9 Proben liegt der größte Anteil der Messwerte zwischen 1-2 ng /Q3/. Diese Werte sind in der Größenordnung mit denen aus Rondeshagen und Berkenthin vergleichbar (0,73 bis 2,28 ng, s. Tab. 3 und 4). Im Elbbereich liegen die Maximalwerte wiederum wesentlich über den in Rondeshagen und Berkenthin ermittelten Werten.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der aktuellen Messwerte für Dioxine/Furane und dioxinähnliche PCB (dl-PCB) in Rondeshagen und Berkenthin

Probe	Dionine/Furane [ng I-TEQ/kg TS]	Dionine/Furane [ng WHO- TEQ/kg TS]	dl-PCB [ng WHO- TEQ/kg TS]	Summe der Dionine/Furane und dl-PCB [ng WHO- TEQ/kg TS]	Anteil der dl- PCB an der Summe Dionine/ Furane/ dl-PCB [%]
Rond 1	6,50	6,63	1,58	8,21	19,2
Rond 2	7,51	7,44	1,27	8,71	14,6
Rond 3	3,11	3,09	0,73	3,82	19,2
Berk 1	3,09	3,06	0,82	3,88	21,2
Berk 2	4,99	5,15	2,28	7,43	30,7
Berk 3	1,55	1,43	1,40	2,83	49,5



In der Tabelle 4 sind die Dioxinkonzentrationen der Proben aus Rondeshagen und Berkenthin gemäß der Internationalen Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) und der WHO (WHO-TEQ) gegenübergestellt. Entsprechend der nur geringfügig unterschiedlichen Bewertung der Toxizität der Einzelverbindungen (s. Kap. 2.2) liegen zwischen den I-TEQ und WHO-TEQ Werten keine großen Abweichungen vor.

Zur Bestimmung der *gesamten toxischen Wirksamkeit der Dioxine und dioxinähnlichen PCP* sind die entsprechenden WHO-TEQ zu addieren. Die errechneten Werte der Proben aus Rondeshagen und Berkenthin liegen zwischen 2,83 und 8,21 ng WHO-TEQ/kgTS (s. Tab. 4). Die Werte der Proben Rond 1 und 2 sowie Berk 2 liegen um den Faktor 2-3 über denen der übrigen Proben.

Der *Anteil der dl-PCP an der Summe der Dioxine/Furane und dl-PCB* (letzte Spalte in Tab. 4) liegt in den Proben aus Rondeshagen relativ einheitlich bei 14-19 %, in den Proben aus Berkenthin schwankt der Anteil zwischen 21 und knapp 50 %, mit relativ hohen Prozentanteilen in den Proben Berk 2 und 3.

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/.

6 Vergleich der Messergebnisse mit Richtwerten

Im Gegensatz zu den I-TEQ (NATO/CCMS) der Dioxine und Furane wurden für die WHO-TEQ der dioxinähnlichen PCB bisher keine Grenz- oder Richtwerte festgelegt, entsprechend auch nicht für die Summe der WHO-TEQ für Dioxine und dl-PCB. Daher beschränkt sich der folgende Vergleich der aktuellen Messergebnisse mit Richtwerten auf die Stoffgruppe der Dioxine und Furane.

Maßnahmenwerte für Dioxine im Boden gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) von 1999:

In der 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).

Auszug aus Tabelle 3:

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 die sensibelste der genannten Nutzungen, die Kinderspielflächen, übersteigt den höchsten Messwert der aktuellen Untersuchung in Berkenthin mit 4,99 ng, festgestellt im Walkknick auf dem Kindergartengelände, um den Faktor 20 und den höchsten Messwert in



Rondeshagen mit 7,51 ng, ermittelt im ersten Wallknick vor den Friedhofswald südöstlich der Deponie, um den Faktor 13.

Für andere Problemstoffe, wie z. B. Schwermetalle, sind in der BBodSchV neben den Maßnahmenwerten auch Prüf- und Vorsorgewerte festgelegt, die z. T. in Abhängigkeit des Bindungsvermögens der Böden für die betreffenden Stoffe weiter differenziert werden. Diese Werte liegen deutlich unterhalb der Maßnahmenwerte und dienen der Vorsorge bzw. der Veranlassung weiterer Prüfungen, ob schädliche Bodenveränderungen vorliegen. Für die Stoffgruppe der Dioxine wurden solche Werte bisher nicht in die BBodSchV aufgenommen.

Richtwerte für Dioxine im Boden, Empfehlungen der Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine:

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

Auszug aus Tabelle 3:

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

Von den 15 im Jahre 1993 entnommenen Oberbodenproben im Umfeld der Deponie lagen 4 im Bereich >5 und <6 ng. Diese stammen ausschließlich aus Oberböden von Wallknicks und Gehölzen, sowohl in Luv- und Leeposition, als auch in geringer und größerer Entfernung zur Deponie /Q1/. Die Messwerte für die 6 Ackerflächen und für den Grünlandstandort lagen dagegen mit 0,6 - 1,7 ng deutlich unterhalb des betreffenden Richtwertes.

In der aktuellen Untersuchung von 2009 wurden keine landwirtschaftlich genutzten Flächen erfasst, die Schwerpunkte lagen in der Untersuchung besonders exponierter und möglichst ungestörten Standorte (s. Kap. 3). In Rondeshagen liegen zwei der drei analysierten Oberbodenproben im Bereich >5 und <8 ng. Die betreffenden Proben wurden im ersten Wallknick bzw. Waldstück südöstlich der Deponie genommen. In Berkenthin liegt ein Messwert nur sehr knapp unter 5 ng/kg. Die betreffende Probe stammt aus einem Wallknick auf dem Gelände des örtlichen Kindergartens, der mit als Spielfläche genutzt wird.



7 Empfehlungen und Ausblick

In der weiteren Vorgehensweise zur Ermittlung möglicher Belastungen der Böden und anderer Schutzgüter in der Umgebung der Sonderabfalldeponie wird ein abgestuftes Verfahren vorgeschlagen:

Als **erster Verfahrensschritt** ist zu empfehlen, diesen Ergebnisbericht dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR-SH) mit der Bitte um eine Stellungnahme vorzulegen. Zuständig im LLUR-SH ist die Abteilung Geologie und Boden, Dezernat Altlasten. Die Stellungnahme sollte eine Beurteilung der aktuellen Messergebnisse und der Ergebnisse der Untersuchung von 1993 anhand der zwischenzeitlich ausgewerteten Daten des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein beinhalten.

Insbesondere sollte im Rahmen der Stellungnahme geprüft werden, wie die Messergebnisse im Umfeld der Sonderabfalldeponie im konkreten Vergleich mit Befunden in der weiteren Umgebung, d. h. dem Raum östlich von Hamburg einzuordnen sind. Wie dargestellt liegen die Messwerte der Beprobung von 1993 und der aktuellen Untersuchung für die Dioxinkonzentrationen teilweise über den Medianwerten vergleichbarer Siedlungs- und Nutzungstypen in Deutschland und Schleswig-Holstein.

Dabei sollten auch die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) und die Gesamtsumme der Dioxine/Furane und dl-PCB berücksichtigt werden. Die aktuellen Untersuchungen haben z. T. einen relativ hohen Anteil der dl-PCB an der Gesamtsumme (Dioxine/Furane + dl-PCB) ergeben. Das trifft auch für die Oberbodenprobe des Walkknicks auf dem Kindergartengelände in Berkenthin zu.

Die Stellungnahme sollte nach Möglichkeit auch die Ergebnisse vorliegender Staubniederschlagsmessungen im Umfeld der Sonderabfalldeponie mit einbeziehen. Bei der Untersuchung 1993 wurden zwei Beprobungsräume (BBKSH-Nr. 381 und 432) in der Nähe von Staubniederschlagsmessstellen (Bergerhoff-Gefäße) positioniert /Q1/.

Sollten keine geeigneten aktuellen Daten zur Staubemission der Sonderabfalldeponie und zu den Inhalts- bzw. Begleitstoffen der Stäube vorliegen, sind im **zweiten Verfahrensschritt** Staubemissionsmessungen und eine Analyse der Stäube auf relevante Schadstoffe einschließlich Dioxine und dioxinähnliche PCB einzuleiten.

Als **dritter Verfahrensschritt** ist zu empfehlen, in den sechs bereits auf Dioxine und dioxinähnliche PCB analysierten und noch im Labor vorliegenden Proben der aktuellen Untersuchung auch die Schwermetalle sowie Arsen und Thallium zu bestimmen. Diese Stoffe können wie Dioxine z. B. als Bestandteil von Flugaschen oder angelagert an Staubpartikeln vom Deponiebetrieb emittiert und als Immission über den Luftpfad in die Schutzgüter der Umgebung eingetragen werden.

Die Messergebnissen können dann mit Hintergrundwerten für ähnliche Siedlungs- und Nutzungstypen im weiteren Umfeld der Deponie verglichen werden. Im Rahmen der Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein werden auch die Schwermetalle sowie Arsen und Thallium analysiert. In diesem Zusammenhang ist zu prüfen, ob die 1993 im Umfeld der Deponie genommenen Proben ebenso auf Schwermetalle untersucht wurden. Diese könnten dann ebenfalls als Vergleichswerte herangezogen werden.



In Abhängigkeit der Ergebnisse der ersten drei Schritte ist im **vierten Verfahrensschritt** zu überprüfen, ob akut weitere Probenahmen und Messungen zur Eingrenzung einer möglichen Gefährdung der Schutzgüter im Umfeld der Deponie notwendig sind. Anhand zusätzlicher Untersuchungen kann dann auch festgestellt werden, ob sich der aktuelle Messwert auf dem Kindergartengelände in Berkenthin bestätigt und einer bestimmten Quelle zuordnen lässt.

Als **fünfter Verfahrensschritt** ist zu empfehlen die Belastungssituation im Umfeld der Sonderabfalldeponie zukünftig weiter zu beobachten. Im Rahmen des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein ist zunächst die Untersuchung von ca. 2.000 Bodenmaterialproben vorgesehen, davon sollten ca. 1.400 Proben aus repräsentativen Standorten und etwa 600 aus Standorten mit bekannten oder vermuteten Bodenbelastungen stammen /Q2/. Es ist zu empfehlen in dieses auch als ‚Sonderuntersuchungen‘ bezeichnete Kontingent zukünftig Proben aus dem Umfeld der Sonderabfalldeponie aufzunehmen. Bereits im Bericht zur Untersuchung von 1993 wurde *„Eine weitere Beobachtung auf der Grundlage des eingerichteten Bodenanalysennetzes ... als sinnvoll erachtet und empfohlen.“* /Q1/.

Die Beobachtungsintervalle sollten auf drei bis fünf Jahre festgelegt werden, auch über den Zeitpunkt der Stilllegung des Einlagerungsbetriebes hinaus. Die Deponie bleibt auch nach Ablauf der Betriebsgenehmigung als Bauwerk ein potenzieller Emittent von Schadstoffen, die als Immission in die umliegenden Schutzgüter gelangen können.



8 Kurzfassung

Die Sonderabfalldeponie Rondeshagen wird als potenzielle Quelle für Schadstoffe 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 (BBKSH) zur Beweissicherung und Vorsorge Oberböden im Umfeld der Sonderabfalldeponie beprobt und auf Dioxine/Furane analysiert. Die Ergebnisse wurden 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.“/Q1/*

Mit diesem Hintergrund wurde der BSD 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 zu beproben und auf die ökotoxikologisch bedeutende Stoffgruppe der „Dioxine“ und „Furane“ sowie dioxinähnlichen PCB (Polychlorierte Biphenyle) zu untersuchen.

Für die Probenahme sollten möglichst ungestörte **Standorte** ausgewählt werden, bei denen gute Bedingungen für die Deposition (Ablagerung) und Akkumulation (Anreicherung) über den Luftpfad transportierter Schadstoffe aus der Deponie vorliegen.

Für die *Gemeinde Rondeshagen* sollten die Probenahmeräume möglichst in den Hauptwindrichtungen und nah zur Deponie liegen. Mit diesen Vorgaben wurden in Entfernungen von 250-500 m zur Deponie zwei Wallknicks und ein Waldstreifen ausgewählt, die seit Jahrzehnten als solche genutzt werden und jeweils die erste Windbarriere nordöstlich bzw. südöstlich der Deponie bilden. Einer der beiden Wallknickstandorte ist in Lage und Entnahmetiefe identisch mit einer Probenahmestelle des Jahres 1993.

Rond 1 Waldstreifen westlich vom Gutsfriedhof

Rond 2 Wallknick vor dem Friedhofswald

Rond 3 Wallknick nördlich von Klein Weeden, identisch mit dem Probenahmeraum BBKSH 377 von 1993

Für die *Gemeinde Berkenthin* sollten die Probenahmeräume in exponierter Lage mit sensibler Nutzung innerhalb des Siedlungsgebietes liegen. Mit diesen Vorgaben wurde in einer Entfernungen von 1.500-2.650 m zur Deponie neben zwei Wallknicks eine exponiert gelegene alte Grünfläche an der Westseite der Kirche ausgewählt.

Berk 1 Wallknick zwischen Sportanlage und Neubaugebiet

Berk 2 Wallknick auf dem Kindergartengelände, der mit als Spielfläche genutzt wird

Berk 3 alte Grün- und Rasenfläche, ehemaliger Friedhof direkt an der Kirche

Es wurde jeweils der mineralische Oberboden aus dem Tiefenbereich 0-5 cm beprobt. Die **BBKSH-Methodik** sieht je Standort und Beprobungstiefe die Entnahme von 22 volumengleichen Einzelproben mittels Stechzylinder vor, die zu einer Mischprobe vereinigt werden. Die Einzelproben sind je nach Größe und Form des Probenahmeraumes in einem Kreisbogen oder einer Geraden mit festgelegten Maßen anzuordnen. Die gesamte Methodik ist darauf ausgerichtet ein möglichst hohes Maß an Repräsentativität und Reproduzierbarkeit zu erreichen.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Ergebnisse der Untersuchungen von 1993 und 2009 im Vergleich mit Referenzwerten

Probenbezeichnung	Entfernung zur Deponie [m]	Richtung zur Deponie	Nutzung	Material	Entnahmetiefe [cm]	Dioxine/Furane [ng I-TEQ/kg TS] n. NATO/CCMS 1988	Dioxinähn. PCB [ng WHO-TEQ/kg TS]1998	pH-Wert
Untersuchung 2009								
Rond 1	250	ONO	Wald	Oberboden	0-5	6,50	1,58	2,97
Rond 2	300	ONO	Wallknick	Oberboden	0-5	7,51	1,27	3,32
Rond 3	500	OSO	Wallknick	Oberboden	0-5	3,11	0,73	4,30
Berk 1	1.500	SO	Wallknick	Oberboden	0-5	3,09	0,82	4,03
Berk 2	2.150	SO	Wallknick	Oberboden	0-5	4,99	2,28	3,54
Berk 3	2.650	SO	Grünfläche	Oberboden	0-5	1,55	1,40	4,58
Untersuchung 1993								
312	300	OSO	Acker	Oberboden	0-25	1,72		
313	300	ONO	Gehölz	Humusauflage	+4-0	5,72		
373	1.500	NO	Grünland	Oberboden	0-5	0,82		
374	1.100	NW	Ackerbrache	Oberboden	0-30	0,84		
375	800	WNW	Acker	Oberboden	0-30	0,64		
377	500	OSO	Wallknick	Oberboden	0-5	3,51		
378	300	S	Acker	Oberboden	0-30	0,60		
379	50	S	Gehölz	Oberboden	0-5	5,31		
380	50	S	Gehölz	Humusauflage	+3-0	5,08		
381	1.300	NNW	Gehölz	Oberboden	0-5	5,15		
382	500	NO	Wallknick	Oberboden	0-5	4,99		
431	500	NW	Ackerrain	Oberboden	0-5	4,61		
432	550	NW	Acker	Oberboden	0-30	1,04		
433	1.400	OSO	Acker	Oberboden	0-30	0,78		
434	50	NO	Deponiegel.	Oberboden	0-5	1,34		
BBodSchV: Maßnahmenwerte, Wirkungspfad Boden-Mensch:								
Kinderspielflächen						100		
Wohngebiete						1.000		
Park- und Freizeitanlagen						1.000		
Industrie- und Gewerbegrundstücke						10.000		
Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine: Vorschlag für Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung:								
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		
Hintergrundwerte mineralischer Oberböden Schleswig-Holsteins nutzungsübergreifend, n=244 /Q10/ (s. Abb. 2)					Median	0,9		
					90. Perzentil	9,6		

Die **Dioxinkonzentrationen** der drei im Gemeindegebiet von **Rondeshagen** beprobten mineralischen Oberbodenhorizonte liegen bei 3,11, 6,50 und 7,51 ng I-TEQ/kg TS *Internationale Toxizitätsäquivalente* (wirkungsbezogene Konzentrationsangaben)(s. Tab. 5). Die beiden Proben mit den höheren Werten (*Rond 1 und 2*) stammen aus einem Waldstreifen und einem direkt davor liegenden Wallknick. Beide Standorte weisen auch unabhängig der Sonderabfalldeponie gute Expositionsbedingungen für die Ablagerung und Anreicherung langlebiger atmosphärisch transportierter Stoffe auf.

Die beiden höheren Messwerte in Rondeshagen liegen im Vergleich mit den Hintergrundwerten der bundesweiten Dioxin-Datenbank sowie dem Datenpool des BBKSH für Oberböden unbelastet eingestufte Bereiche mit ähnlicher Nutzung (Wald) um den Faktor 3 über den betreffenden Medianwerten (2,4 ng I-TEQ/kg TS, bundesweit n=182, s. Abb. 3 /Q10/, bzw. 2,1 ng, für Schleswig-Holstein n=24, s. Tab. 1 /Q3/), aber noch deutlich unterhalb des 90. Perzentils: 14 ng bundesweit (d. h. 90 % der Messwerte liegen unter 14 ng), bzw. 9,3 ng für Schleswig-Holstein. (Der in Tab. 5 dargestellte Hintergrundwert wurde nutzungsübergreifend erfasst.)

Die Oberböden der drei innerörtlichen Beprobungsräume in **Berkenthin** weisen Dioxinkonzentrationen von 1,55, 3,09 und 4,99 ng I-TEQ/kg TS auf. Der höchste Wert wurde im Oberboden des Wallknicks auf dem örtlichen Kindergartengelände gemessen (*Berk 2*).

Im Vergleich mit den Hintergrundwerten für Oberböden in Bereichen mit ähnlichen Nutzungs- und Siedlungstypen, weisen die die aktuellen Messwerte in Berkenthin keine großen Abweichungen auf. So liegt der Median für mineralische Oberböden städtischer Räume ohne besondere Belastungssituation bundesweit bei 4,4 ng I-TEQ/kg TS (n=587, s. Abb. 4) /Q10/. Der Median für mineralische Oberböden unter Waldnutzung (am ehesten mit den Standortbedingungen von Wallknicks vergleichbar) liegt bundesweit bei 2,4 ng (n=182, s. Abb. 3). Dieser Wert berücksichtigt allerdings sowohl siedlungsnaher als auch siedlungsferner Waldstandorte. Der entsprechende Median für Waldböden Schleswig-Holsteins liegt bei 2,1 ng (n=24, s. Abb. 4 und Tab. 1) /Q3/.

Im Gegensatz zu den Messpunkten in Rondeshagen sind die drei Probenahmebereiche in Berkenthin einheitlich in Südost-Lage mit unterschiedlichen Entfernungen zur Deponie ausgerichtet (s. Tab. 5). Der Entnahmebereich mit der größten räumlichen Distanz zur Deponie weist zwar die niedrigste Dioxinkonzentration auf, ein Gradient mit abnehmenden Gehalten bei zunehmendem Abstand zur Deponie lässt sich aus den Messwerten jedoch nicht ableiten. Die Unterschiede der Messwerte sind unter Einbeziehung der Befunde aus der Gemeinde Rondeshagen und der Untersuchung von 1993 offensichtlich eher durch unterschiedliche Nutzungen und damit verbundene Überformungen sowie verschiedene Standorteigenschaften und unterschiedliche Expositionsbedingungen erklärbar.

Bei der **Beprobung 1993** wurden in den mineralischen Oberböden an 13 Standorten im Umfeld der Deponie Dioxinkonzentrationen zwischen 0,60 und 5,31 ng I-TEQ/kg TS ermittelt (s. Tab. 5). Die aktuellen Messergebnisse in Berkenthin (1,55 bis 4,99 ng) liegen innerhalb dieser Spannweite. Zwei Messwerte in Rondeshagen (7,51 und 6,5 ng) liegen darüber. Eine Erhöhung der Belastung ist daraus nicht ableitbar.

Die höchsten Messwerte der Untersuchung des Jahres 1993 für vergleichbare mineralische Oberböden und ähnlicher Nutzung (Gehölz), allerdings in unterschiedlicher Position und Entfernung zur Deponie, lagen bei 5,31 ng (BBKSH-Nr. 379, 50 m südlich der Deponie) und 5,15 ng (BBKSH-Nr. 381, 1.300 m nord-nordwestlich der Deponie, s. Tab. 5). Die Abweichung der aktuellen Messwerten (7,51 und 6,5 ng) ist als relativ gering einzustufen, eine Erhöhung der Belastung ist daraus nicht ableitbar.



Einen direkten Ergebnisvergleich der Untersuchungen von 1993 und 2009 ermöglicht die Parallelbeprobung des Standortes auf dem Walknick östlich der Deponie im Grenzbereich der Gemeindegebiete Rondeshagen und Berkenthin. Der Probenahmeraum *BBKSH 377* von 1993 mit einer Dioxinkonzentration in der Oberbodenmischprobe von 3,51 ng I-TEQ/kg TS (s. Tab. 2) ist in Lage und Entnahmetiefe identisch mit dem Probenahmeraum *Rond 3* von 2009 mit einem Messwert von 3,11 ng in der Mischprobe (in Tab. 5 sind beide Untersuchungsergebnisse grün unterlegt dargestellt). Die als sehr gering einzustufende Differenz dieser beiden Werte kann als Anhaltspunkt dafür angesehen werden, dass sich mit dem gewählten Probenahmeverfahren und der Laboranalytik reproduzierbare Ergebnisse erzielen lassen.

Die **Verteilungsmuster der Konzentrationen** der 17 Dioxin- und Furan-Einzelverbindungen (Kongenerenmuster) können Hinweise auf die Herkunft der Dioxine geben. Die Muster der aktuellen Messwerte in Rondeshagen und Berkenthin unterscheiden sich nicht von denen bundesweiter Messungen in unbelasteten Gebieten. Die Auswertungen der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder hat zudem gezeigt, dass die Oberböden wie auch die Humusaufgaben Ähnlichkeiten mit dem Verteilungsmuster aus Immissions- und Depositionsproben aufweisen /Q10/.

Wie bereits bei der Untersuchung 1993 ist daher auch aus den aktuellen Messergebnissen **eine Zuordnung der ermittelten Dioxinkonzentrationen zur Deponie als Quelle nicht möglich**. Den Umkehrschluss, dass von der Deponie keine dioxinbelasteten Stäube emittiert werden und als Immission in umliegende Schutzgüter gelangen, lassen die Untersuchungen aufgrund der geringen Probenzahl allerdings nicht zu.

Im Rahmen der ‚Sonderuntersuchungen Elbe‘ wurden 2008 vom LLUR-SH vornehmlich im Raum westlich von Hamburg Oberbodenproben (0-5cm) auf Dioxine und *dioxinähnliche-PCB (dl-PCB)* untersucht. Primär ging es dabei um die Dioxinbelastung der Elbschlicke und Elbmarschen /Q3/. Es handelt sich daher um einen völlig anderen Naturraum und mit der Sedimentfracht der Elbe eine ganz andere Belastungsquelle.

Der Ergebnisvergleich zeigt, dass die Dioxinkonzentrationen in den Oberbodenproben aus Rondeshagen und Berkenthin etwa in der Größenordnung derer des Elbinnendeichbereichs mit einem Median von 4,7 ng I-TEQ/kg TS (n=23) liegen.

Von den im Elbbereich (Innen- und Außendeichs) auf **dioxinähnliche-PCB** analysierten 43 Proben liegt der größte Anteil mit 9 Proben zwischen 1-2 ng WHO-TEQ/kg TS *Toxizitätsäquivalente der WHO /Q3/*. Diese Werte sind in der Größenordnung mit denen aus Rondeshagen und Berkenthin vergleichbar (0,73 bis 2,28 ng, s. Tab. 4 und 5). Im Elbbereich liegen die Maximalwerte allerdings wesentlich über den in Rondeshagen und Berkenthin ermittelten Werten.

Zur Bestimmung der *gesamten toxischen Wirksamkeit der Dioxine und dioxinähnlichen PCP* können die WHO-TEQ addiert werden. Die errechneten Werte für Rondeshagen und Berkenthin liegen zwischen 2,83 und 8,21 ng WHO-TEQ/kgTS (s. Tab. 4). Die Werte der Proben *Rond 1* und *2* sowie *Berk 2* liegen um den Faktor 2-3 über denen der übrigen Proben.

Der *Anteil der dl-PCP an der Summe der Dioxine/Furane und dl-PCB* (letzte Spalte in Tab. 4) liegt in den Proben aus Rondeshagen relativ einheitlich bei 14-19 %, in den Proben aus Berkenthin schwankt der Anteil zwischen 21 und knapp 50 %, mit relativ hohen Prozentanteilen in den Proben *Berk 2 und 3*. In den Proben des Elbbereichs (Innen- und



Außendeichs) 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/.

Im Gegensatz zu den I-TEQ der Dioxine und Furane wurden für die WHO-TEQ der dioxinähnlichen PCB bisher keine **Grenz- oder Richtwerte** festgelegt (s. Tab. 5), daher beschränkt sich der folgende Vergleich der Messergebnisse mit Richtwerten auf die Stoffgruppe der Dioxine und Furane.

Der Maßnahmenwert der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch (direkte Aufnahme) für die sensibelste der genannten Nutzungen, die Kinderspielflächen, übersteigt den höchsten Messwert der aktuellen Untersuchung in Berkenthin mit 4,99 ng, festgestellt im Wallknick auf dem Kindergartengelände, um den Faktor 20 und den höchsten Messwert in Rondeshagen mit 7,51 ng, ermittelt im ersten Wallknick vor den Friedhofswald südöstlich der Deponie, um den Faktor 13.

Die Bund/Länderarbeitsgruppe Dioxine sieht als Zielgröße 5 ng I-TEQ/kg TS vor, unterhalb dieser Konzentration ist demnach jegliche Nutzung des Bodens ungeprüft möglich /Q8/.

Von den 15 im Jahre 1993 entnommenen Oberbodenproben lagen 4 im Bereich >5 und <6 ng. Diese stammen ausschließlich aus Oberböden von Wallknicks und Gehölzen, sowohl in Luv- und Leeposition, als auch in geringer und größerer Entfernung zur Deponie /Q1/. Die Messwerte für die 6 Ackerflächen und für den Grünlandstandort lagen dagegen mit 0,6 - 1,7 ng deutlich unterhalb des betreffenden Richtwertes.

In der aktuellen Untersuchung von 2009 wurden keine landwirtschaftlich genutzten Flächen erfasst, die Schwerpunkte lagen in der Untersuchung besonders exponierter und möglichst ungestörter Standorte (s. Kap. 3). In Rondeshagen liegen zwei der drei analysierten Oberbodenproben im Bereich >5 und <8 ng. Die betreffenden Proben wurden im ersten Wallknick bzw. Waldstück südöstlich der Deponie genommen. In Berkenthin liegt ein Messwert nur sehr knapp unter 5 ng/kg. Die betreffende Probe stammt aus einem Wallknick auf dem Gelände des örtlichen Kindergartens, der mit als Spielfläche genutzt wird.

In der weiteren Vorgehensweise zur Ermittlung möglicher Belastungen der Böden und anderer Schutzgüter in der Umgebung der Sonderabfalldeponie wird ein abgestuftes Verfahren vorgeschlagen:

Als **erster Verfahrensschritt** ist zu empfehlen, diesen Ergebnisbericht dem LLUR-SH mit der Bitte um eine Stellungnahme vorzulegen. Die Stellungnahme sollte eine Beurteilung der Messergebnisse 1993 und 2009 anhand der zwischenzeitlich ausgewerteten Daten des Bodenbelastungskatasters Schleswig-Holstein, insbesondere im Vergleich mit Messwerten aus dem Raum östlich von Hamburg und unter Einbeziehung des Anteils der dl-PCB an der Summe Dioxine/Furane und dl-PCB enthalten. Sie sollte ferner die Ergebnisse vorliegender Staubniederschlagsmessungen im Umfeld der Sonderabfalldeponie mit einbeziehen.

Sollten keine geeigneten aktuellen Daten zur Staubemission der Sonderabfalldeponie und zu den Inhalts- bzw. Begleitstoffen der Stäube vorliegen, sind im **zweiten Verfahrensschritt** Staubemissionsmessungen und eine Analyse der Stäube auf relevante Schadstoffe einschließlich Dioxine und dioxinähnliche PCB einzuleiten.

Als **dritter Verfahrensschritt** ist zu empfehlen, in den noch im Labor vorliegenden 6 Proben der aktuellen Untersuchung auch die Schwermetalle sowie Arsen und Thallium zu bestimmen. Die Messergebnissen können dann mit Hintergrundwerten für ähnliche Siedlungs- und Nutzungstypen im weiteren Umfeld der Deponie verglichen werden.



In Abhängigkeit der Ergebnisse der ersten drei Schritte ist im **vierten Verfahrensschritt** zu überprüfen, ob akut weitere Probenahmen und Messungen zur Eingrenzung einer möglichen Gefährdung der Schutzgüter im Umfeld der Deponie notwendig sind. Anhand zusätzlicher Untersuchungen kann dann auch festgestellt werden, ob sich der aktuelle Messwert auf dem Kindergarten Gelände in Berkenthin bestätigt und einer bestimmten Quelle zuordnen lässt.

Als **fünfter Verfahrensschritt** ist zu empfehlen die Belastungssituation im Umfeld der Sonderabfalldeponie zukünftig weiter zu beobachten. Bereits im Bericht zur Untersuchung von 1993 wurde *„Eine weitere Beobachtung auf der Grundlage des eingerichteten Bodenanalysennetzes ... als sinnvoll erachtet und empfohlen.“* /Q1/.

Die Beobachtungsintervalle sollten auf drei bis fünf Jahre festgelegt werden, auch über den Zeitpunkt der Stilllegung des Einlagerungsbetriebes hinaus. Die Deponie bleibt auch nach Ablauf der Betriebsgenehmigung als Bauwerk ein potenzieller Emittent von Schadstoffen, die als Immission in die umliegenden Schutzgüter gelangen können.

Kiel, den 16.06.2009

Bernd Schemschat
Projektbearbeitung, Berichterstellung

Dr. Wolfram D. Kneib
Geschäftsführer