



SACHSEN-ANHALT

2. Dioxinbericht

Fortschreibung des 1. Berichts von 1996

Impressum

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt,
PF 200841, 06009 Halle (Saale)
Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale)
Telefon (0345) 5704 - 0

Redaktion:

Der Dioxinbericht wurde unter Federführung des Landesamts für Umweltschutz unter Beteiligung der fachlich zuständigen Behörden erstellt:

- Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft - LHW (Kapitel 5.4)
- Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau - LLFG (Kapitel 5.6)
- Landesamt für Verbraucherschutz - LAV (Kapitel 5.7, 6.4 und 6.5)
- Landesanstalt für Altlastenfreistellung - LAF (6.1 bis 6.3).

Berichtstand:

Im Bericht finden sich unterschiedliche Untersuchungsstände (2009 und 2010). Im Allgemeinen wurde als Zeitpunkt 12/2010 verwendet. Bei den Auswertungen von Jahresuntersuchungen (z. B. Schwebstoffe, Futtermittel) erfolgt die Bestimmung/Auswertung erst im darauffolgenden Jahr.

Stand der in Bezug genommenen Rechtsvorschriften ist der 31.12.2011, sofern im Text nicht anders vermerkt.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen die Autoren für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Der Nachdruck bedarf der Genehmigung.

Juli 2012.

Inhaltsübersicht

	Seite
1 Vorwort	5
2 Einleitung	6
3 Charakterisierung der Dioxine	7
3.1 Quellen und Verbreitung	7
3.2 Eigenschaften	8
3.3 Risikoabschätzung und gesetzliche Maßnahmen zur Verringerung des Eintrages in die Umwelt	8
3.4 Situation im Land Sachsen-Anhalt	14
4 Analytik / Toxizitätsäquivalente	16
4.1 Analytische Untersuchung	16
4.2 Messunsicherheit	17
4.3 Qualitätssichernde Maßnahmen	17
4.4 Konzept der Toxizitätsäquivalente	18
5 Dioxinuntersuchungen im Land Sachsen-Anhalt	21
5.1 Untersuchung von Depositionen	21
5.1.1 Probennahmestandorte und -technik	21
5.1.2 Ergebnisse	24
5.1.2.1 Standorte Anlagen Metallurgie / Feuerungsanlagen	24
5.1.2.2 Messprogramm Abfallverbrennungsanlagen (AVA)	29
5.1.2.3 Hintergrundmessungen	30
5.1.3 Zusammenfassung	30
5.2 Untersuchung von Immissionen	31
5.3 Emissionsquellen	31
5.3.1 Industrie-, Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen	33
5.3.2 Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	37
5.3.3 Verkehr	39
5.3.4 Zusammenfassung	42
5.4 Untersuchung von Schwebstoffen	43
5.4.1 Zielvorgaben und Bewirtschaftungsziele	43
5.4.2 Bewertungsmethode	45
5.4.3 Ergebnisse der Dioxinuntersuchungen	45
5.4.3.1 Dioxinuntersuchungen im schwebstoffbürtigen Sediment der Automatischen Messstationen Beschaffenheit - AMB bzw. des Schwebstoffkastens (Monatsmischproben)	45
5.4.3.2 Dioxinuntersuchungen im Schwebstoff der Zentrifugen (Einzelproben)	48
5.4.4 Zusammenfassung	53
5.5 Untersuchungen von Boden	54
5.5.1 Boden-Dauerbeobachtung	54
5.5.2 Bodenbeobachtung in Überschwemmungsgebieten	54
5.5.3 Wertevorgaben	55
5.5.4 Probennahme - Boden	55
5.5.5 Ergebnisse	56
5.5.5.1 Ausgangssituation	56
5.5.5.2 Bodendauerbeobachtungsflächen - BDF	59
5.5.5.3 Überschwemmungsgebiete	61
5.5.5.4 Interpretation	65
5.5.6 Zusammenfassung	68

	Seite
5.6 Untersuchungen von Futtermitteln	69
5.6.1 Rechtliche Grundlagen und Bewertungskriterien	69
5.6.2 Probenauswahl und Probenanzahl	70
5.6.3 Ergebnisse	71
5.6.3.1 Einzelfuttermittel (außer Grünland und Grünlandprodukte)	71
5.6.3.2 Grünland und Grünlandprodukte	73
5.6.3.3 Allein- und Ergänzungsfuttermittel	81
5.6.3.4 Zusatzstoffe	82
5.6.4 Zusammenfassung	83
5.7 Untersuchungen von Lebensmitteln	84
5.7.1 Hauptquellen der Dioxinaufnahme	84
5.7.2 Rechtliche Grundlagen und Bewertungskriterien	85
5.7.3 Untersuchungen von Lebensmitteln auf PCDD/F und dl-PCB	87
5.7.3.1 Untersuchungen von Milchproben	88
5.7.3.2 Untersuchungen von Rindfleisch	90
5.7.3.3 Untersuchungen von Hühnereiern	93
5.7.3.4 Untersuchungen von Fischen	94
5.7.4 Zusammenfassung	100
6 Regionale Untersuchungen / Sondermessprogramme	101
6.1 Ökologisches Großprojekt „Bitterfeld-Wolfen“	101
6.1.1 Historie	101
6.1.2 Bodenbelastungen, Gefahrenabwehrmaßnahmen	101
6.1.3 Gewässer	103
6.2 Ökologisches Großprojekt „Mansfelder Land“	103
6.3 Standort Ilsenburg	104
6.4 Untersuchungen von Wild	105
6.5 Untersuchungen von Schaflebern und Schaffleisch	107
7 Schlussbetrachtung	109
 Literaturverzeichnis	 110
Tabellenverzeichnis	114
Abbildungsverzeichnis	115
Abkürzungsverzeichnis	117

1 Vorwort

Eine Reihe von Dioxinen ist extrem toxisch, sehr persistent und reichert sich in der Nahrungskette an. Dioxine können zwar auch auf natürlichem Wege entstehen, vor allem aber entstehen sie als unerwünschtes Nebenprodukt bei bestimmten chemischen Verfahren und thermischen Prozessen.

Das Land Sachsen-Anhalt trat mit seiner Gründung das Erbe einer mehr als hundertjährigen Entwicklung im mitteldeutschen Industrierevier an. Eine Folge der intensiven wirtschaftlichen Nutzung war auch die Kontamination der Umwelt mit Schadstoffen, darunter auch Dioxine. Folgerichtig lag und liegt auf dieser Stoffgruppe das besondere Augenmerk der Umwelt- und Gesundheitsbehörden des Landes Sachsen-Anhalt.

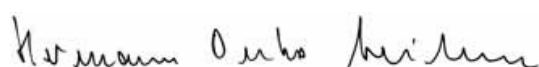
Im Januar 1996 erschien der erste Dioxinbericht des Landes Sachsen-Anhalt /1/. Er stellte eine Bestandsaufnahme der Belastung mit Dioxinen im Land dar und gab Auskunft über die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen, die durch die für den Umwelt- und Gesundheitsschutz verantwortlichen Landes- und kommunalen Behörden initiiert und ausgewertet wurden.

Stand in den ersten Jahren die Untersuchung der Umweltmedien im Mittelpunkt, verschob sich der Schwerpunkt später in Richtung amtliche Überwachung von Futter- und Lebensmitteln. Es fand somit allmählich eine Verlagerung von der Bestandsaufnahme hin zur Risikovorsorge statt. Um die Eintragspfade der Dioxine in die Nahrungskette aufzuklären und den Behörden bei einer eventuellen Überschreitung der Grenzwerte in Lebens- oder Futtermitteln ein angemessenes Vorgehen zu ermöglichen, werden auch weiterhin Untersuchungen der Umweltmatrizes (Boden, Sediment, Emissions- und Immissionsproben) durchgeführt.

Nach dem heutigen Wissensstand sind im Land Sachsen-Anhalt zwar alle größeren Dioxin-Kontaminationen bekannt. Die vorliegenden Daten zeigen aber, dass noch nicht alle relevanten „Dioxinquellen“ in ausreichendem Maße untersucht sind. Da sich Dioxine nur extrem langsam abbauen, muss Vorsorge getroffen werden, dass diese Stoffe möglichst nicht in die Nahrungskette gelangen.

Der vorliegende Bericht fasst die im Land Sachsen-Anhalt durchgeführten Untersuchungen bis zum Jahr 2010 zusammen und bewertet diese. Damit soll ein Beitrag zur sachkundigen Beratung und Unterstützung von Bürgern, Unternehmen, Verbänden und Behörden geleistet werden.

Ich danke den an der Erstellung dieses Berichtes Beteiligten und wünsche uns allen auch weiterhin eine konstruktive und zielgerichtete Zusammenarbeit.



Dr. Hermann Onko Aeikens

Minister für Landwirtschaft und Umwelt

2 Einleitung

Halogenierte Kohlenwasserstoffe zählen heute zu den am meisten verbreiteten Schadstoffen in der Umwelt. Eine besondere Stellung nehmen auf Grund der Struktur und Eigenschaften die polychlorierten Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F - nachfolgend im Text kurz Dioxine oder Dioxine/Furane genannt) ein. Sie werden sowohl durch die Tätigkeiten des Menschen (anthropogene Aktivitäten), aber auch durch natürliche thermische und geologische Prozesse (wie z.B. Waldbrände oder Vulkanausbrüche) gebildet und in die Umwelt freigesetzt.

Das bekannteste Dioxin ist das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD; Seveso-Dioxin). Es gilt auf Grund seiner Struktur und der nachgewiesenen Toxizität als der giftigste Vertreter der Dioxine. Das Seveso-Dioxin kommt aber niemals allein vor, sondern vergesellschaftet mit einer Vielzahl von anderen Dioxinen (Kongenere), die weniger giftig sind, als das TCDD. Die Anzahl und das Verhältnis der Verbindungen differiert dabei sehr stark.

Zu den halogenierten Kohlenwasserstoffen zählen auch die dioxinähnlichen Polychlorierten Biphenyle (dioxin like PCB, dl-PCB), die auf Grund ihrer strukturellen Ähnlichkeit mit zu dieser Schadstoffgruppe gerechnet werden.

Dioxine/Furane und dl-PCB sind persistente organische Schadstoffe ("persistent organic pollutants" Abkürzung POPs). Als persistent (lang anhaltend) werden Chemikalien bezeichnet, die sich in den Körpern von Menschen, Tieren und Pflanzen anreichern und das Potenzial zum weiträumigen Transport aufweisen. Auf Grund der starken Tendenz zur Bioakkumulation betrifft es letztendlich den Menschen als Endglied der Nahrungskette.

In den letzten zehn Jahren wurden auf internationaler Ebene weitreichende Abkommen geschlossen, um die Gefahren für Mensch und Umwelt durch POPs zu reduzieren und einzudämmen. Am 17. Mai 2004 trat das Stockholmer Übereinkommen zu POPs in Kraft, um die Produktion, Verwendung und Freisetzung dieser Stoffe zu beschränken oder zu verbieten.

Die Europäische Union hat in der ersten Hälfte des Jahres 2004 mit der Anpassung und Ergänzung geltender Gemeinschaftsvorschriften in Form einer POP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 850/2004) vom 29. April 2004 in europäisches Recht umgesetzt. Damit sind die Inhalte und Vorgaben dieser Verordnung in den Mitgliedstaaten unmittelbar gültiges Recht.

3 Charakterisierung der Dioxine

3.1 Quellen und Verbreitung

Die Dioxine besitzen keinen wirtschaftlichen Nutzen. Sie treten immer nur als unerwünschte Nebenstoffe bei bestimmten chemischen Reaktionen auf.

Die wesentlichsten Quellen für die Dioxine sind heute bekannt. Die Freisetzung von Dioxinen zeigte im letzten Jahrhundert einen generellen Trend mit einem Anstieg nach dem 2. Weltkrieg und dem Erreichen eines Maximums in den sechziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Hauptsächlich sind hier die Herstellung und Verarbeitung chlororganischer Verbindungen (Chlorphenole, polychlorierte Biphenyle - PCB, Synthese chlorhaltiger Aromaten) zu nennen, die zu einem Dioxineintrag in die Umwelt führen. Dazu kommt vor allem noch die Freisetzung (Emission) von Dioxinen durch thermische Prozesse in Anwesenheit von Chlorverbindungen (Abfallverbrennungsanlagen, metallurgische Industrie). Eine Sonderrolle nehmen Brandereignisse (unkontrollierte Bedingungen) ein, wo chlorhaltige Stoffe bei niedrigen Temperaturen Dioxine bilden können. So wurden Dioxine beim Brand des Kunststoffes PVC, von Trafokühlmittel mit PCB oder des Holzschutzmittels Pentachlorphenol nachgewiesen.

Durch die verschiedenen gesetzlichen Verbote und Beschränkungen konnte der Eintrag in die Umwelt kontinuierlich gesenkt werden.

Auf Grund ihrer Langlebigkeit (Halbwertszeiten von PCDD/F variieren zwischen den Umweltkompartimenten Luft, Wasser, Boden und Sediment und liegen zwischen 80 und 100 Jahren) ist trotz der heute stark reduzierten Emissionen ein großer Teil der freigesetzten Dioxine noch in der Umwelt vorhanden.

Besonders trifft dies auf die Bereiche zu, in denen unkontrollierte und unbewusste Freisetzung zu hohen Konzentrationen in Böden oder Sedimenten führte. Auf Grund der ubiquitären, d. h. überall verbreiteten Verteilung der Dioxine findet man diese Stoffe auch in Klärschlämmen. Dieser Klärschlamm, auf landwirtschaftlich genutzte Flächen aufgebracht, kann zu einem ungewollten Dioxineintrag auch in weniger belasteten Gebieten führen.

Im Unterschied zu den Dioxinen, die nie gezielt hergestellt wurden, fanden PCB bis in die 80er Jahre als technische Gemische vielseitige Verwendung; einerseits in geschlossenen Anwendungen als Kühl- und Isolierflüssigkeiten in Transformatoren und Kondensatoren und in Hydraulikanlagen als Hydraulikflüssigkeit, andererseits in offenen Anwendungen als Weichmacher und Flammenschutzmittel in Lacken, Dichtungsmassen, Isoliermitteln, Kunststoffen oder Kabelummantelungen. Derartige technische Gemische wurden mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad hergestellt und enthalten stets auch geringe Mengen von dioxinähnlichen PCB. Seit 1989 sind das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCB in Deutschland verboten. Die fachgerechte Entsorgung ohne zusätzliche Umweltbelastung ist nicht zuletzt durch ihre hohe Verbreitung ein weltweites Problem.

3.2 Eigenschaften

Über die Eigenschaften der Dioxine ist schon viel in der Literatur und im Internet publiziert worden. Nachfolgend sollen noch einmal die wesentlichsten Eigenschaften zusammengefasst werden.

Die Dioxine sind praktisch nicht wasserlöslich und besitzen einen sehr niedrigen Dampfdruck. Sie sind gegenüber Säuren und Basen chemisch reaktionsträge. Erst bei höheren Temperaturen finden Abbaureaktionen statt. Aufgrund ihres hohen Adsorptionsvermögens an Staub- oder Schwebstoffteilchen ist ein Transport in der Umwelt, auch über größere Entfernungen, möglich. Der biologische Abbau durch Bakterien ist prinzipiell möglich und wurde nachgewiesen, aber die Abbauraten sind sehr gering.

Ein Abbau in der Atmosphäre findet lediglich bei gasförmig vorliegenden Dioxinen und Furanen statt, wobei es durch UV-Strahlen zur direkten Photolyse kommt. Auf Grund dieser Eigenschaften ergeben sich für die Dioxine hohe Halbwertszeiten in der Umwelt.

Für den Menschen, als letztes Glied in der Nahrungskette, ist die hohe Fettlöslichkeit bedeutsam, da es zu einer Anreicherung im Fettgewebe führen kann. Durch ihre metabolische Stabilität werden die Dioxine sehr langsam in der Zelle abgebaut, so dass sie im Organismus sehr lange verfügbar sind. Das 2,3,7,8-TCDD besitzt eine sehr hohe akute Toxizität. Es gehört zu den giftigsten bekannten Stoffen. Allerdings gibt es Naturstoffe, die noch giftiger sind (z. B. Tetanustoxin, Botulinumtoxin - Fleischvergiftung).

Beim Menschen bewirken Dioxine bei akuten Einwirkungen, wie das in Seveso der Fall war, eine Störung des Fett- und Leberstoffwechsels, Chlorakne und neurologische Befunde. Durch epidemiologische Untersuchungen zur Krebserkrankung von bestimmten Arbeitern der chemischen Industrie und verschiedene Laboruntersuchungen gilt die kanzerogene Wirkung als nachgewiesen.

Einmal im Fettgewebe angereichert, bauen sich Dioxine nur sehr langsam wieder ab. Die Halbwertszeit des giftigsten Dioxins (2,3,7,8-TCDD) beträgt im Körperfett des Menschen etwa 7 Jahre, das sich am langsamsten abbauende 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran ist erst nach fast 20 Jahren zur Hälfte eliminiert. Aus diesem Grunde sollte die Dioxinexposition so gering wie möglich gehalten werden.

3.3 Risikoabschätzung und gesetzliche Maßnahmen zur Verringerung des Eintrages in die Umwelt

Mit dem Stockholmer Übereinkommen zu POPs und der POPs-Verordnung der EU (Verordnung EG 850/2004) wurden für die Dioxine und die PCB rechtliche Rahmen geschaffen, die einen weiteren Eintrag in die Umwelt verhindern sollen. Sowohl auf EU- als auch auf nationaler Ebene wurden mittlerweile für die verschiedensten Bereiche und Medien Gesetze und Verordnungen erlassen.

Um die Gefahr für den Menschen und die Umwelt zu verringern, wurden zur Risikobewertung Faktoren eingeführt, die eine sogenannte vorläufige duldbare tägliche Aufnahmemenge von Dioxinen darstellen.

Die für Deutschland verantwortlichen Bewertungsbehörden haben bereits in den 90er Jahren auf der Grundlage der bis dahin bekannten wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse Vorsorgewerte empfohlen.

Als akzeptierter Wert galt damals für einen Erwachsenen in Deutschland für die tägliche Aufnahme an Dioxinen und Furanen ein Wert von 1 pg TEQ/kg Körpergewicht und Tag (pg = Picogramm = billionstel Gramm; TEQ = Toxizitäts-Äquivalente, siehe Kapitel 4.4) /2/.

Um diese Werte einhalten bzw. absenken zu können, sind die gesetzlichen Maßnahmen auf die weitere Verringerung des Eintrages gerichtet.

Die Bundesregierung hat deshalb in den letzten Jahren in verschiedenen Regelungsbereichen Rechtsvorschriften in nationales Recht umgesetzt, die eine Verminderung des Dioxineintrages zum Ziel haben. Diese Rechtsnormen beinhalten technische Maßnahmen, Verbote und Schutzmaßnahmen für Mensch und Umwelt.

Chemikalien

Die auf das Chemikaliengesetz gestützte Chemikalien-Verbotsverordnung verbietet das Inverkehrbringen von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, wenn die Summe der Gehalte an Dioxinen und Furanen, auch für bromierte Dioxine und Furane, einen Wert von **1 µg/kg** Stoff/Erzeugnis überschreitet.

Für den Schutz des Arbeitnehmers vor gefährlichen Stoffen sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 557) Werte für die Herstellung und Verwendung einschließlich Entsorgung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen gegeben, die PCDD/F enthalten können. Demnach gelten besondere Vorschriften, wenn insgesamt mehr als **0,1 mg/kg (1ppm = 1 mg/kg)** an PCDD/F anfallen. Die PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung vom 18.07.1989 verbietet die Produktion, den Vertrieb und die Verwendung von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen (PCB, PCT) ab **50 ppm** und VC (Vinylchlorid) als Treibgas. Schon seit 1989 sind durch die Pentachlorphenol-Verbotsverordnung (PCP-V vom 12.12.1989) die Produktion, der Vertrieb und die Verwendung von PCP, von Zubereitungen mit mehr als **100 ppm** PCP und Artikeln mit mehr als **5 ppm** PCP verboten.

Emission/Immission von Luftschadstoffen

Die Vorschriften des anlagenbezogenen Immissionsschutzes (Bundesimmissionsschutzverordnung- BImSchV) sowie die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) stellen An-

forderungen zur Minimierung und Begrenzung der Emissionen von Dioxinen/Furanen dar. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der Regelungen.

Tabelle 1: Übersicht der Regelungen im Bereich Emissionen

Gesetz/Verordnung	Grenzwert/Regelung
1. BImSchV Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26.01.2010	Typprüfung für Anlagen beim Einsatz von Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe oder nachwachsende Rohstoffe Emissionsgrenzwert für PCDD/F: 0,1 ng I-TEQ/Nm³
13. BImSchV Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen vom 20.07.2004, letzte Änderung: 27.01.2009	Emissionsgrenzwert für Dioxine und Furane beim Einsatz fester und flüssiger Brennstoffe: 0,1 ng I-TEQ/Nm³
17. BImSchV Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen vom 14.08.2003, letzte Änderung: 27.01.2009	Bei Errichten und Betreiben von Anlagen dürfen Mittelwerte, die über die jeweilige Probenahmezeit gebildet werden, den Emissionsgrenzwert für die im Anhang genannten Dioxine/Furane von 0,1 ng I-TEQ/Nm³ nicht überschreiten.
19. BImSchV Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz vom 17.01.1992, letzte Änderung: 21.12.2000	Scavenger Verbot - verbleites Benzin Verbot von Chlor- und Bromzusätzen in Benzin
27. BImSchV Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung vom 19.03.1997, letzte Änderung: 03.05.2000	Grenzwert für PCDD/F im Abgas: 0,1 ng I-TEQ/Nm³
Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA Luft) vom 24.07.2002	Grenzwert für PCDD/F im Abgas: 0,1 ng I-TEQ/Nm³ Bei Anlagen für Stahl, Eisen und sonstige Metalle soll eine Konzentration von 0,1 ng I-TEQ/Nm³ im Abgas angestrebt, 0,4 ng I-TEQ/Nm³ dürfen nicht überschritten werden. Emissionsminimierungsgebot

Für die polychlorierten Dioxine und Furane (PCDD/F) sowie die dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (dl-PCB) in der Deposition (Staubniederschlag) sind keine Immissionswerte festgelegt. Ersatzweise kann hier der vom LAI als Zielwert für die langfristige Luftreinhaltung definierte Depositionswert von 4 pg WHO-TEQ/(m²d) verwendet werden /3/. Dieser Wert ist als Summenwert von mehreren Dioxin- und Furankongeneren und der dioxinähnlichen PCB zu verstehen und beinhaltet die Neubewertung der Toxizitätsäquivalente der WHO.

Ähnlich wie in der Deposition sind auch in der Immission für polychlorierte Dioxine und Furane (PCDD/F) sowie polychlorierte Biphenyle (PCB) in der Außenluft keine Immissionswerte festgelegt. Ersatzweise kann ein Zielwert für die langfristige Luftreinhalteplanung des LAI als Beurteilungskriterium herangezogen werden. Dabei hat der LAI seine Bewertung an die Neubewertung der WHO angepasst und einen Zielwert von 150 fg WHO-TEQ/m³ PCDD/F und coplanare PCB¹ angegeben /2/.

Boden

Nach § 10 des Bodenschutz-Ausführungsgesetzes Sachsen-Anhalt (BodSchAG LSA) beobachtet die für Umweltschutz zuständige Landesfachbehörde Veränderungen der Bodenbeschaffenheit. Zum einen wurden dazu insbesondere Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet und betreut, zum anderen werden anlassbezogene Untersuchungsprogramme aufgelegt, um Einwirkungen von Schadstoffen auf den Boden festzustellen und entsprechende Schlussfolgerungen für weitere Sachverhaltsermittlungen zu ziehen. Neben der Untersuchung von Altlasten bzw. altlastverdächtigen Flächen spielen Bodenuntersuchungen in den Flussauen eine besondere Rolle.

Die für die Bundesrepublik Deutschland verantwortlichen Behörden, das ehemalige Bundesgesundheitsamt und das Umweltbundesamt, haben bereits 1985 Empfehlungen auf der Grundlage der bisher bekannten wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse festgelegt und in den Berichten 1 und 2 der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine (AG DIOXINE) kommentiert /4/. Die AG DIOXINE weist darauf hin, dass die Handlungsempfehlungen auf der Grundlage des Wissensstandes von 1993 abgeleitet wurden. Das Wissen reicht nicht aus, um Grenzwerte auf gesicherter wissenschaftlicher Grundlage festzulegen. Vorläufig sollten die Handlungsempfehlungen aus Gründen der Vorsorge und unter Berücksichtigung des Einzelfalls vollzogen werden.

Die in der Tabelle 2 gezeigten Richtwerte werden durch die AG DIOXINE wie folgt kommentiert: "Sollten Analysen belegen, dass trotz erhöhter Dioxinkonzentration in Böden ein Transfer in angebaute Pflanzen nur minimal ist und die direkt oder indirekt gewonnenen Lebensmittel bzw. Futtermittel keine gegenüber einer Durchschnittsbelastung erhöhten Dioxinwerte aufweisen

¹ Teilmenge der dioxinähnlichen PCB

(Milch z. B. < 3 pg I-TEQ/g Milchfett), sind die o. g. landwirtschaftlichen Nutzungsbeschränkungen nicht notwendigerweise erforderlich" /3/.

Die Empfehlungen für den Direktkontakt Boden – Mensch finden sich wieder in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, geändert 23.12.2004, und sind im Anhang 2 Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 BBodSchG festlegt (Tabelle 3).

Tabelle 2: Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung und Bodensanierung

PCDD/F-Gehalt (Boden-Trockenmasse)	Handlungsempfehlung
bis 5 ng I-TEQ/kg m _T	Zielgröße; jegliche Nutzung ungeprüft möglich
5 bis 40 ng I-TEQ/kg m _T	Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung (Beratungsstellen für die Landwirtschaft sollten darauf hinwirken, dass bei kritischen Nutzungen, wie z.B. Weidewirtschaft und Bodenhaltung von Geflügel, die direkte Bodenaufnahme durch Nutztiere verringert wird.)
ab 40 ng I-TEQ/kg m _T	Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung - uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer. Unterbleiben sollten: - Anbau bodennah wachsender Obst- und Gemüsearten - Anbau bodennah wachsender Feldfutterpflanzen - Bodengebundene Nutztierhaltung
ab 100 ng I-TEQ/kg m _T	Maßnahmen zur Bodensanierung auf Kinderspielplätzen
ab 1000 ng I-TEQ/kg m _T	Maßnahmen zur Bodensanierung in Siedlungsgebieten
ab 10000 ng I-TEQ/kg m _T	Maßnahmen zur Bodensanierung unabhängig vom Standort

Tabelle 3: Maßnahmenwerte für Dioxine für die direkte Aufnahme in Bezug auf den Wirkungspfad Boden - Mensch

Maßnahmenwerte PCDD/F in ng I-TEQ/kg m _T			
Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbegrundstücke
100	1.000	1.000	10.000

Im Zusammenhang mit der Novellierung der BBodSchV ist vorgesehen, die Prüf- und Maßnahmenwerte nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 BBodSchG für den Schadstoffübergang Bodennutzpflanze auf Grünlandflächen um den Prüfwert 30 ng I-TEQ/kg für Dioxine/Furane (PCDD/F) zu ergänzen. Diese Werte sind für Vergleichszwecke geeignet.

Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse dioxinähnlicher PCB sind aus Sicht des Bodenschutzes bisher keine Bewertungshinweise bekannt.

Die in der Lebens- und Futtermittel-Überwachung festgelegte Summenbildung von PCDD/F und dl-PCB ist aus bodenschutzfachlicher Sicht bisher nicht üblich.

Futter- und Lebensmittel

Seit Juli 1998 gelten in der Europäischen Union Höchstgehalte für Dioxine in Zitrustrester (Richtlinie 98/60/EG). Mit Richtlinie 2001/102/EG wurden Dioxinhöchstgehalte für weitere Futtermittel festgelegt. Seit Juli 2002 gelten in der Europäischen Union Höchstgehalte für Dioxine in Lebensmitteln und in Futtermitteln.

Unter Berücksichtigung welche Konzentrationen an Dioxinen und PCB in den jeweiligen Lebensmitteln vorkommen (Hintergrundkontamination) wurden Höchstgehalte für Dioxine und dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln festgelegt, die die Exposition der Bevölkerung gegenüber diesen Stoffen reduzieren soll (siehe Kapitel 5.7). Neben Höchstgehalten sind auch Auslösewerte für Lebensmittel festgesetzt worden. Diese sind deutlich niedriger als die korrespondierenden Höchstgehalte. Beim Überschreiten dieser Werte muss nach den Ursachen der Kontamination gesucht werden. Höchstgehalte für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Futtermitteln gelten seit 04.02.2006 (Richtlinie 2006/13/EG). Seit dem 20.12.2006 sind mit der VO (EG) Nr.1881/2006 Höchstgehalte für die Summe aus Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in Lebensmitteln festgesetzt.

Basierend auf einem Beschluss der 37. Umweltministerkonferenz 1991 werden Untersuchungen zur Dioxinbelastung in Deutschland zentral in einer Dioxin-Datenbank erfasst. Ermittelt wird das Vorkommen von Dioxinen und den dioxinähnlichen PCB. Dazu erfolgen breit gefächerte Messungen in den Umweltkompartimenten, in Lebens- und Futtermitteln, Bioindikatoren, Abbauprodukten und bestimmten Erzeugnissen. Die Belastung für den Menschen wird ebenfalls ermittelt.

Ein erwachsener Mensch in Deutschland nimmt täglich durchschnittlich **2 pg WHO-TEQ** pro Kilogramm Körpergewicht an Dioxinen und dioxinähnlichen PCB auf. Ausgehend von einer sich weiter fortsetzenden Belastungsminderung liegen derzeit in Deutschland allerdings etwas niedrigere Belastungen vor. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass diese Schätzung der Dioxinaufnahme auf durchschnittlich belastete Lebensmittel bei durchschnittlichen Verzehrgewohnheiten der Menschen beruht. Abweichende Ernährungsgewohnheiten können zu erheblichen Unterschieden führen. Bereits 1993 hat die Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine für verschiedene Lebensmittel Beurteilungswerte für die tägliche PCDD/F-Aufnahme Erwachsener zusammengestellt. Diese sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Beurteilungswerte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine - PCDD/F-Aufnahme Erwachsener über die Nahrung pro Tag

Lebensmittel	Belastung des Lebensmittels	Mittlere PCDD/F-Aufnahme
Schwein	0,3 pg I-TEQ/g Fett	7,0 pg I-TEQ/d
Rind	2,7 pg I-TEQ/g Fett	22,4 pg I-TEQ/d
Eier	1,5 pg I-TEQ/g Fett	5,9 pg I-TEQ/d
Butter	1,1 pg I-TEQ/g Fett	15,4 pg I-TEQ/d
Milch	1,8 pg I-TEQ/g Fett	16,0 pg I-TEQ/d
Käse	2,2 pg I-TEQ/g Fett	10,3 pg I-TEQ/d

3.4 Situation im Land Sachsen-Anhalt

Im Rahmen der ökonomischen und ökologischen Bestandsaufnahme Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erfolgte eine systematische Bestandsaufnahme der Dioxinbelastung an ausgewählten Standorten in Sachsen-Anhalt, die im ersten Dioxinbericht 1996 zusammengefasst wurden /1/.

Dabei galt dem mitteldeutschen Industriegebiet mit seinen Standorten der Chlorchemie und den ehemaligen Standorten der Kupfergewinnung/-verarbeitung das Hauptaugenmerk. Der Bericht fasste alle in Sachsen-Anhalt im Zeitraum von 1990 bis 1995 durchgeführten medien- und regionalbezogenen Untersuchungen auf PCDD/F zusammen. Gleichzeitig wurde eine Bewertung nach einheitlichen Kriterien durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass diese Stoffe auch in Sachsen-Anhalt in allen Umweltmedien und im menschlichen Körper nachweisbar sind. Die Bestandsaufnahme ergab weiterhin, dass im Land keine spektakulären bzw. unerwarteten Ergebnisse vorlagen. Erwartungsgemäß wurden auf bestimmten Industrieflächen auch relativ hohe Werte gefunden. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass nach der Auswertung aller Messwerte anhand von Grenz-, Richt- und Zielwerten von keinen signifikanten Gefährdungen auszugehen ist /1/.

Der Anteil an der jährlichen Emission in die Luft lag im Vergleich zum Bundesdurchschnitt von etwa 450 - 650 g I-TE bei kleiner 3 % - Abschätzung /3/. Bei der Immission wurden Depositionsraten ermittelt, die sich in relativ unbelasteten Gebieten zwischen 0,5 bis 25 pg I-TEQ pro m² und Tag bewegten und sich damit im unteren Bereich der Depositionswerte in der Bundesrepublik befanden. In Emittentennähe wurden allerdings Werte bis zu 440 pg I-TEQ pro m² und Tag gemessen.

Mit ca. 450 Proben wurde der Boden am häufigsten auf Dioxine untersucht. Typisch wurden in ländlichen Gebieten Werte kleiner als 5 ng I-TEQ/kg m_T (Hintergrundbelastung) nachgewiesen. In städtischen Bereichen lagen die PCDD/F-Gehalte auch darüber, wobei Werte von

10 bis 15 ng I-TE/kg m_T nicht ungewöhnlich waren. Die Böden in der Nähe von industriellen Standorten mit vorhandenen Dioxinemissionen waren höher belastet als in reinen Agrarregionen. Sie lagen zwischen 20 und 70 ng I-TE/kg m_T . Auf einer Industriebrache wurden bei Messungen im Zeitraum 1990 bis 1995 Werte von über 50.000 ng I-TE/kg m_T nachgewiesen. Wurden in den Klärschlämmen im Zeitraum 1991/92 nicht selten Werte von weit über 100 ng I-TE/kg m_T gefunden, so sanken die durchschnittlichen Belastungen mit PCDD/F 1994/95 auf unter 50 ng I-TE/kg m_T .

Die Untersuchungen von Flusssedimenten ergaben ein uneinheitliches Bild. Während die Sedimente der Saale (von 0,09 bis 57,9 ng I-TE/kg m_T) nur mäßig oder kaum mit PCDD/F belastet sind, konnten in den Sedimenten der Mulde unterhalb von Bitterfeld bis 635 ng I-TE/kg m_T nachgewiesen werden. Diese stammten aus den ehemals hoch belasteten industriellen Abwässern der Chemiebetriebe in Bitterfeld und Wolfen.

Während die Umweltproben den Schwerpunkt der Dioxinuntersuchungen bildeten, wurden Anfang der 90er Jahre Futter- und Lebensmittel sowie Humanproben nur sporadisch und anlassbezogen durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse gaben aber damals keinen Anlass zur Besorgnis.

Seit Mitte der neunziger Jahre ist die Bestimmung der Dioxine und Furane Teil der kontinuierlichen Umweltüberwachung bzw. der amtlichen Lebens- und Futtermittelkontrolle zur Vorsorge und zum Schutz der Bevölkerung.

4 Analytik / Toxizitätsäquivalente

4.1 Analytische Untersuchungen

Die Bestimmung der Gehalte von komplexen Stoffgemischen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen stellt eine Herausforderung an den gesamten analytischen Prozess dar. Dieser beginnt bei der fach- und sachgerechten Probennahme, der Probenvorbereitung und Lagerung, setzt sich über die Abtrennung der Matrix und Anreicherung der PCDD, PCDF und dl-PCB und der anschließenden Identifizierung und Quantifizierung der Einzelkongenere fort.

Die Probenvorbereitung umfasst den gesamten Prozess der Probenannahme, Lagerung, Trocknung, Zerkleinern und Homogenisieren der Proben und die Gewinnung des Fettes aus Lebensmitteln bis zur Extraktion. Anschließend

erfolgen die Abtrennung der Matrix und die Trennung der PCDD/F von den dl-PCB. Ziel ist es, die Matrix durch geeignete Adsorption zurückzuhalten, so dass nur die PCDD/F und die dl-PCB im gereinigten Extrakt vorliegen.

Nach einer ausreichenden Abtrennung der Matrix und von Störkomponenten erfolgt die Trennung der PCDD/F und der dl-PCB an einer Chromatographiesäule.

Diese Extrakte werden eingeeengt und zur Messung an einem Gerätesystem, bestehend aus einem hochauflösenden Gaschromatograph (GC) gekoppelt mit einem hochauflösenden Massenspektrometer (HRGC/HRMS), vorbereitet [2].

Zur Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Kontrollwerte und zur Risikoabschätzung ist es notwendig, die analysierten Kongenere der PCDD und PCDF sowie der dl-PCB zu quantifizieren. Voraussetzung für eine richtige Quantifizierung ist die eindeutige Identifizierung und der eindeutige Nachweis der Kongenere. Gewährleistet wird dies entsprechend der Verordnung, die den Einsatz eines hochauflösenden Massenspektrometers (HRMS) in Verbindung mit isotopmarkierten internen Standards fordert [5, 6].

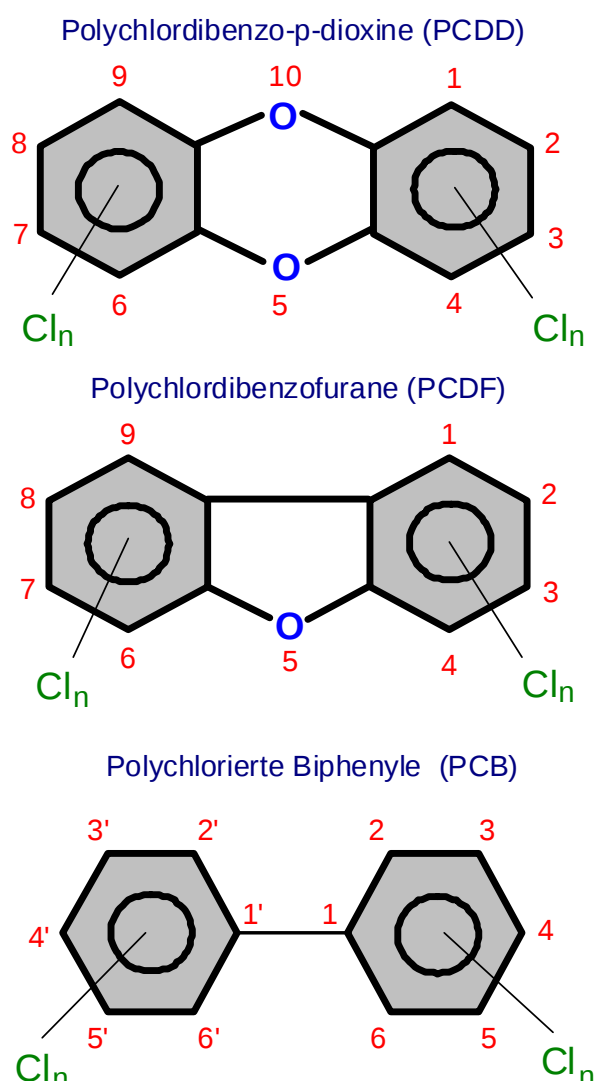


Abbildung 1: PCDD/F- und PCP-Strukturen

Das niedrige Konzentrationsniveau der PCDD, PCDF und dl-PCB, verbunden mit den hohen Anreicherungsfaktoren und dem hohen apparativen Aufwand führen dazu, dass die Analytik sehr zeitaufwendig ist.

4.2 Messunsicherheit

Unabhängig von der Bestimmungsmethode ist jedes Messergebnis mit einem Fehler behaftet, der sowohl in der Analyse als auch bei der Probennahme auftritt. Dieser Fehler wird durch die Messunsicherheit ausgedrückt und im gesetzlich geregelten Bereich im Messwert, der zur Beurteilung herangezogen wird, mit angegeben.

Die Messunsicherheit ist „ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte“. Die Bestimmung der Messunsicherheit erfolgt aus dem systematischen und zufälligen Fehler. Die Mindestanforderung, die das Labor gewährleisten muss, beträgt für die erweiterte Messunsicherheit $< 30 \% / 6/$.

4.3 Qualitätssichernde Maßnahmen

Zur Gewährleistung eines harmonisierten Vorgehens bei der Durchsetzung der Einhaltung von Höchstgehalten für PCDD/F und dl-PCB in der europäischen Gemeinschaft ist es wichtig, dass Analysenergebnisse unter vergleichbaren Bedingungen erzeugt, angegeben und ausgewertet werden. Dazu ist es notwendig, dass entsprechend der Richtlinie 93/99/EWG die Labore eine Akkreditierung nach EN ISO/IEC 17025 im Rahmen einer Überprüfung durch eine unabhängige zugelassene Stelle (DAkkS - Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH) erhalten. Die Akkreditierung eines Labors nach EN ISO/IEC 17025 ist für den gesetzlich geregelten Bereich unerlässlich und stellt sicher, dass bei den angewendeten Untersuchungen vorgegebene Qualitätssicherungsverfahren angewendet werden.

Das Labor des Landesamtes für Umweltschutz, das den größten Teil der Dioxinuntersuchungen für das Land Sachsen-Anhalt durchführt, ist bereits seit 2001 akkreditiert. Die nachfolgende Tabelle 5 gibt eine Übersicht der seit 1997 untersuchten Proben (Matrix + Anzahl). Dabei ist anzumerken, dass bis 2004 nur die Untersuchung auf PCDD/F erfolgte. Seit 2005 werden auch die dl-PCB analysiert.

Tabelle 5: Übersicht der behördlichen Untersuchungen auf PCDD/F und dl-PCB

Jahr	Abfall/ Sonderproben	Boden	Futter- mittel	Lebens- mittel	Immission	Emission	Sedimentierte Schwebstoffe
1997	31	20	15	13	32	27	15
1998	64	24	19	8	32	20	22
1999	18	22	32	38	32	13	19
2000	1	23	11	3	32	0	12
2001	16	38	31	51	32	9	12
2002	12	55	33	7	44	0	41
2003	58	29	210	49	44	8	27
2004	7	27	146	55	48	0	26
2005	3	23	76	114	52	14	61
2006	2	25	74	94	56	17	60
2007	0	21	130	88	56	0	32
2008	0	16	132	89	64	3	70
2009	2	47	128	86	64	2	67
2010	13	16	110	100	64	12	85

Die Beurteilung der Futter- und Lebensmittelproben erfolgt durch die zuständigen Ämter (LLFG, LVWA, LAV). Die Umweltproben werden vom LAU und LHW bewertet.

4.4 Konzept der Toxizitätsäquivalente

Da Umweltproben und biologische Proben immer Gemische verschiedener PCDD-, PCDF- und PCB-Kongenere aufweisen, war eine Risikobewertung und Regulierungskontrolle nur schwer möglich. Um die Risikobewertung zu erleichtern und vergleichbare Werte zu erhalten, wurde das Konzept der Toxizitätsäquivalenzfaktoren (**TEF** – **T**oxicity **E**quivalence **F**actor) entwickelt. In das Konzept der TEF wurden die 17 in 2,3,7,8-Position chlórsubstituierten PCDD/F und 12 in nicht-ortho und mono-ortho chlórsubstituierte PCB mit einem dioxinähnlichen toxikologischen Profil aufgenommen (siehe Abbildung 1).

Das Konzept beruht auf der Zuordnung von Toxizitätsäquivalentfaktoren zu den einzelnen, in 2,3,7,8-Position chlórsubstituierten PCDD und PCDF sowie der 12 dioxinähnlichen PCB in Abhängigkeit ihrer Toxizität. Als Bezugsgröße wurde dem 2,3,7,8-Tetrachlórdibenzodioxin der TEF-Wert von 1 zugewiesen.

Tabelle 6: Systeme von Toxizitätsäquivalentfaktoren für PCDD/F

Kongener	BGA-TEF /7/	NATO/CCMS (I-TEF) /8/	WHO-TEF (1998) /9/	WHO-TEF (2005) /10/
2,3,7,8-TCDD	1	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,1	0,5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0,001	0,001	0,0001	0,0003
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,1	0,05	0,05	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,01	0,5	0,5	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,01	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,01	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,01	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,01	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0,001	0,001	0,0001	0,0003

Tabelle 7: Systeme von Toxizitätsäquivalentfaktoren für dl-PCB

		WHO-TEF (1998)	WHO-TEF (2005)
Nicht-ortho			
3,3',4,4'-TCB	PCB-77	0,0001	0,0001
3,4,4',5-TCB	PCB-81	0,0001	0,0003
3,3',4,4',5-PeCB	PCB-126	0,1	0,1
3,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB-169	0,01	0,03
Mono-ortho			
2,3,3',4,4'-PeCB	PCB-105	0,0001	0,00003
2,3,4,4',5-PeCB	PCB-114	0,0005	0,00003
2,3',4,4',5-PeCB	PCB-118	0,0001	0,00003
2,3',4,4',5'-PeCB	PCB-123	0,0001	0,00003
2,3,3',4,4',5-HxCB	PCB-156	0,0005	0,00003
2,3,3',4,4',5'-HxCB	PCB-157	0,0005	0,00003
2,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB-167	0,00001	0,00003
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	PCB-189	0,0001	0,00003

Mit diesem Konzept lassen sich die Analysenergebnisse als quantifizierbare Einheit ausdrücken, die als Toxizitätsäquivalenzkonzentration (Toxic **E**quivalents - **TEQ**, oft auch nur **TE**) bezeichnet wird /11/.

Die WHO-TEF für die PCDD und PCDF werden bei der Bestimmung der TEQ-Werte für Futter- und Lebensmittel sowie für Immissionsproben angewendet. Die I-TEF werden zur Berechnung der TEQ-Werte für PCDD und PCDF in der Emission von Luftverunreinigungen, Böden und Sedimenten bzw. sedimentierten Schwebstoffen verwendet. Für die dl-PCB gelten in allen Matrices die WHO-TEF zur Berechnung des TEQ-Wertes (Tabelle 7).

Den Gesamtgehalt der PCDD/F und der dl-PCB, ausgedrückt als Toxizitätsäquivalent (TEQ) in einer Probe, erhält man als Summe der Produkte aus dem Toxizitätsäquivalentfaktor (TEF) des Kongeneren i und der Konzentration c des Kongeneren i.

$$\text{TEQ} = \sum (\text{TEF})_i * c_i$$

Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse und das Vorliegen von neuem umfangreicherem Datenmaterial kann es zu einer Aktualisierung der TEF (Tabellen 6 und 7) bzw. zur Absenkung der Höchstwerte für Futter- und Lebensmittel kommen.

5 Dioxinuntersuchungen im Land Sachsen-Anhalt

5.1 Untersuchung von Depositionen

Luftverunreinigungen können nicht nur direkt über den Luftweg Gesundheits- und Umweltschäden bewirken, sondern auch über ihre Ablagerung (Deposition) auf Böden, in Gewässern oder auf Pflanzen. In zunehmendem Maße wird den Beeinträchtigungen der Ökosysteme durch Depositionen (Stoffeinträge) aus der Atmosphäre Beachtung geschenkt, da diese die in der Vegetation, im Boden und in den Gewässern ablaufenden komplexen physikalisch-chemischen und biologischen Prozesse beeinflussen. In Sachsen-Anhalt werden seit Beginn der 60er Jahre Depositionsmessnetze mit wechselnder Anzahl von Messstellen und Komponenten sowie mit unterschiedlichster Probennahmetechnik betrieben. Ziel der Messungen ist es, aktuelle gesicherte Umweltdaten für politische Entscheidungen und für eine Erfolgskontrolle von Umweltschutzmaßnahmen bereitzustellen sowie atmosphärische Stoffeinträge zur Trendfeststellung und zur Beurteilung des Einflusses von Emittenten, u. a. Dioxine und Furane, flächendeckend zu ermitteln.

Entsprechend dem Beschluss der 115. Sitzung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) am 12. und 13. März 2008 in Trier werden die Toxizitätsäquivalenzfaktoren für Dioxine/Furane und dioxinähnliche Substanzen der WHO 2005 berücksichtigt.

Wie die PCDD/F sind auch die dl-PCB schwerflüchtige organische Verbindungen, die häufig aus den gleichen Emissionsquellen in die Atmosphäre gelangen. Insbesondere Verbrennungsprozesse, an denen chlorhaltige Stoffe beteiligt sind, metallurgische Prozesse und Prozesse der Chlorchemie tragen zur Bildung bei. So lag es nahe, an den Messstandorten für die Bestimmung der PCDD/F auch die dl-PCB zu erfassen. Die dl-PCB wurden dabei aus denselben Depositionsproben, aus denen auch die PCDD/F bestimmt wurden, analysiert.

5.1.1 Probennahmestandorte und -technik

In Abbildung 2 ist die Lage der Messstandorte für die Ermittlung der PCDD/F und dl-PCB ersichtlich. Detailliertere Informationen sind Tabelle 8 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Analysenkapazitäten wurden einige Messreihen nach Produktionsstilllegungen in der Nähe liegender relevanter Emittenten oder bei Unterschreitungen des damals gültigen höheren LAI-Zielwertes beendet.

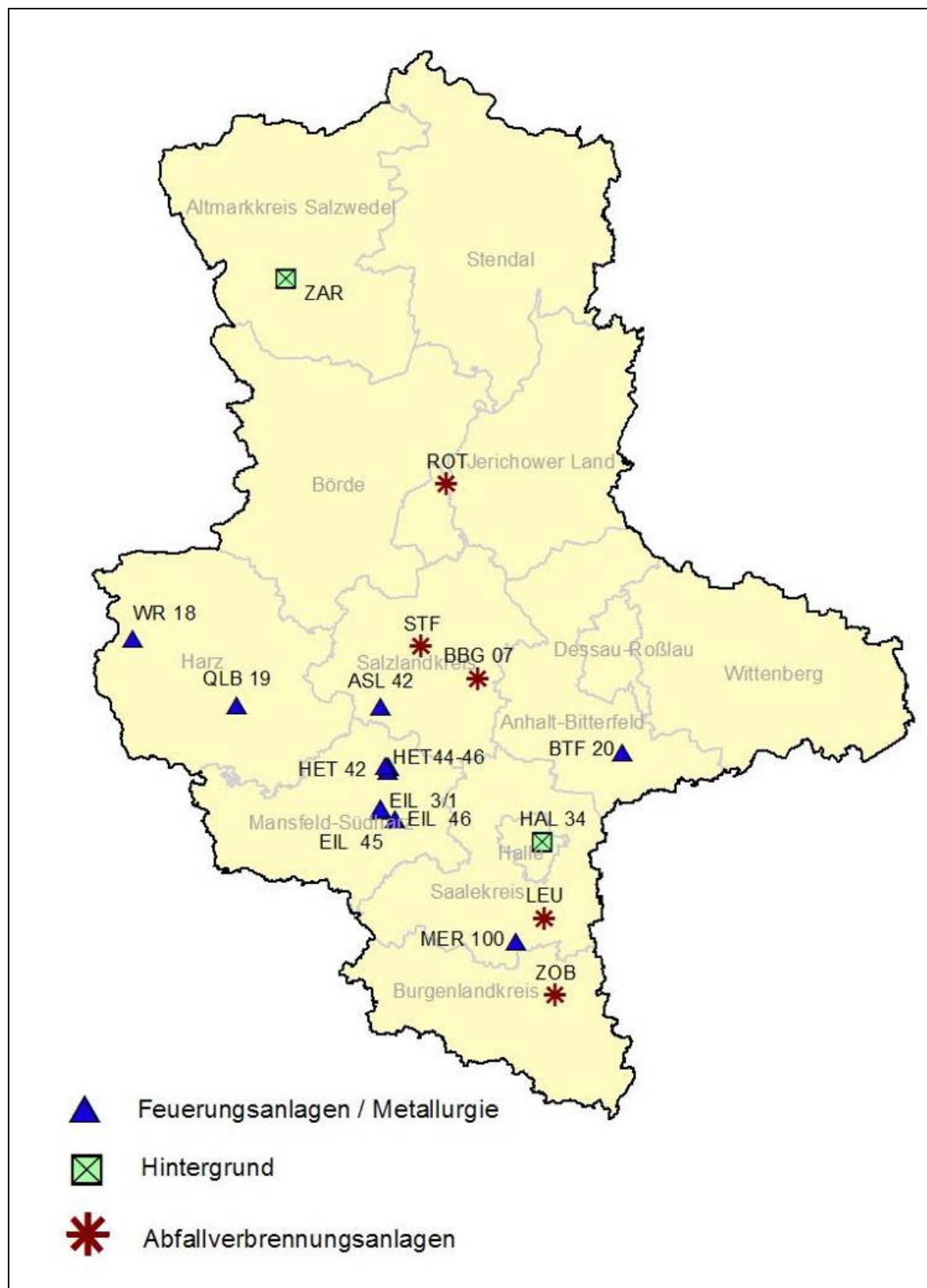


Abbildung 2: Lage der Messstandorte (Deposition)

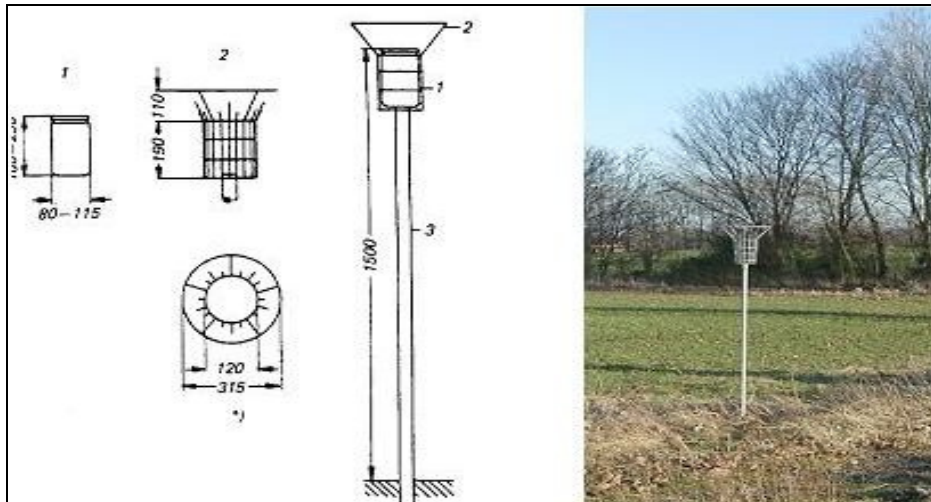


Abbildung 3: Bulk-Sammler vom Topf-Typ (Bergerhoff-Sammler)

Tabelle 8: Standorte für die Ermittlung der Deposition von PCDD/F und dioxinähnlichen PCB

Messstelle	Stations-Nr.	Rechtswert	Hochwert	Beginn	Ende
Hettstedt, Stockhausstr.	HET44	4466308	5722349	1996	
Hettstedt, Museum	HET45	4466345	5721399	1996	
Hettstedt, Pappelweg	HET46	4466614	5722136	1997	
Hettstedt, Molmecker Str.	HET42	4465768	5722323	1999	2004
Eisleben, Mittelreihe	EIL3/1	4468100	5710700	1999	2008
Aschersleben, Schierstedter Str., Kläranlage	ASL42	4464768	5735265	2001	
Wolfen, Thalheimer Str.	BTF 20	4518014	5725333	2002	
Großkayna, Deponie	MER100	4494624	5683891	2002	
Ilseburg, Pulvermühle	WR 18	4410441	5750150	1999	2001
Thale, Wolfsburgstr.	QLB 19	4433310	5735670	1999	1999
Helbra, Fahrradteilewerk	EIL 45	4464750	5712480	2000	2001
Helbra, Bolzenschachtstr.	EIL 46	4464850	5713100	2000	2001
Zorbau, AVA ²	ZOB	4503450	5672041	2005	
Leuna, AVA	LEU	4500891	5688902	2005	
Rothensee, AVA	ROT	4479574	5784110	2005	
Staßfurt, AVA	STF	4474004	5748607	2009	
Bernburg, AVA	BBG 7	4486300	5741500	2009	
Halle, Reideburger Str. (LAU)	HAL34	4500430	5705580	2003	
Zartau, Waldmessstation	ZAR	4444100	5829200	2005	

Die Ermittlungen erfolgten mit Bergerhoff-Sammlern entsprechend VDI 2090 Blatt 1 (s. Abbildung 3).

² AVA - Abfallverbrennungsanlage

5.1.2 Ergebnisse

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Jahresmittelwerte der Toxizitätsäquivalente nach WHO 2005 für die Summe der PCDD/F und PCB im Vergleich zum LAI-Zielwert dargestellt.

5.1.2.1 Standorte Anlagen Metallurgie / Feuerungsanlagen

An den traditionell durch metallurgische Anlagen belasteten Messstellen in Hettstedt wurde besonders in den Jahren 1999 bis 2003 der LAI-Zielwert um ein Vielfaches überschritten. In den Jahren nach der Jahrtausendwende ist besonders aufgrund von Produktionsstilllegungen zunächst ein starker Rückgang der Depositionswerte zu verzeichnen (s. Abbildung 4 bis Abbildung 6). In den Folgejahren lagen die Jahresmittelwerte der PCDD/F- und PCB-Deposition bis auf wenige Ausnahmen auf relativ niedrigem Niveau. Seit 2008 liegen die Depositionswerte in der Größenordnung des LAI-Zielwertes, allerdings wurde dieser an allen Hettstedter Messstellen im Jahre 2010 geringfügig überschritten.

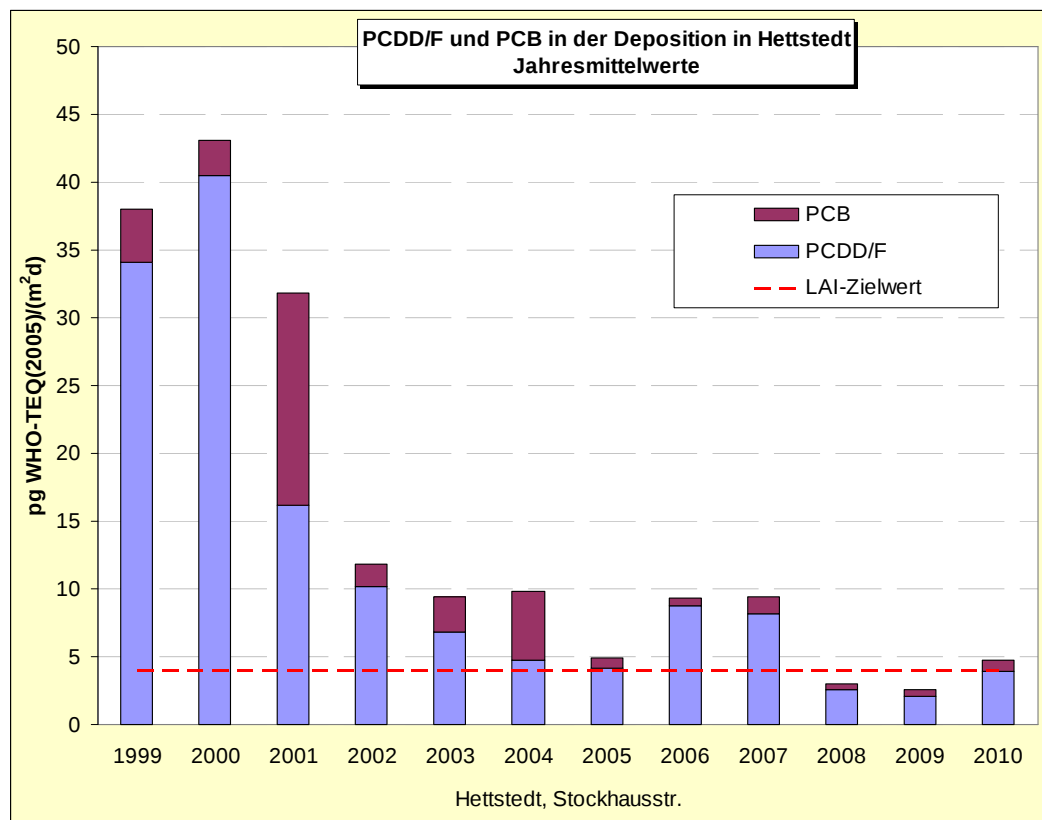


Abbildung 4: Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Stockhausstraße (HET44)

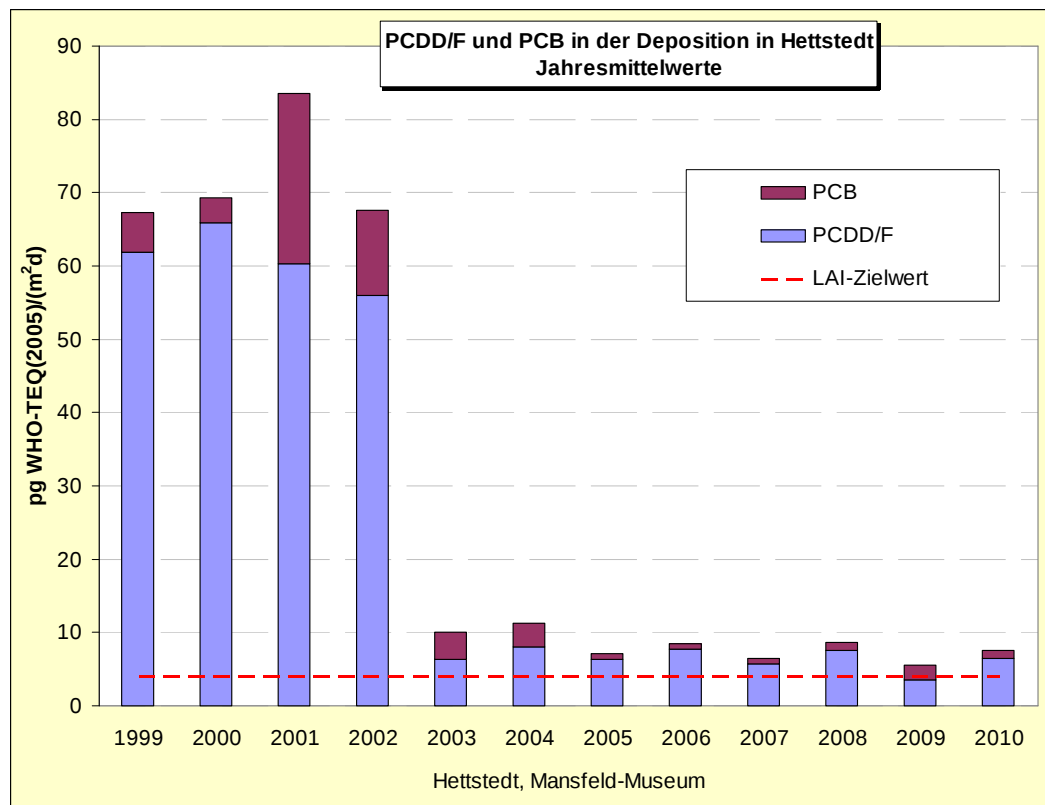


Abbildung 5: Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Mansfeld-Museum (HET45)

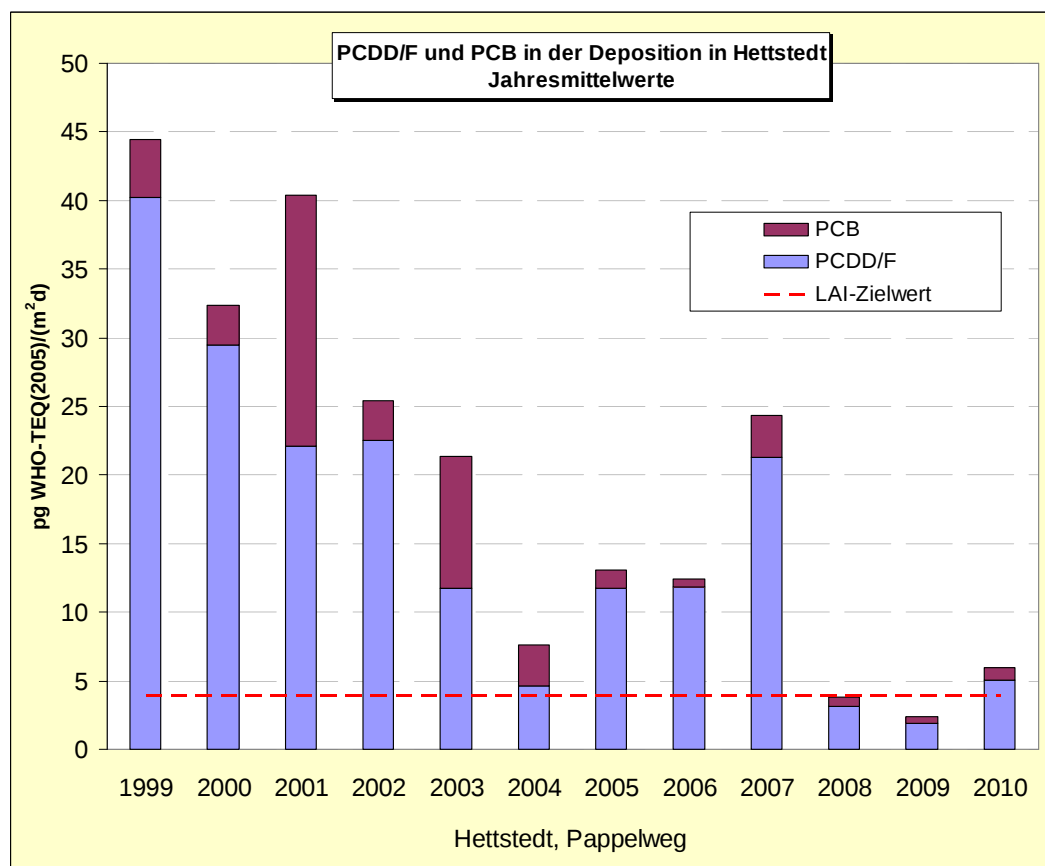


Abbildung 6: Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Pappelweg (HET46)

Auch die Ergebnisse von bereits vor Jahren beendeten Messreihen in der Nähe von mittlerweile stillgelegten Industriestandorten weisen teilweise eine vielfache Überschreitung des LAI-Zielwertes aus (Abbildung 7 und Abbildung 8).

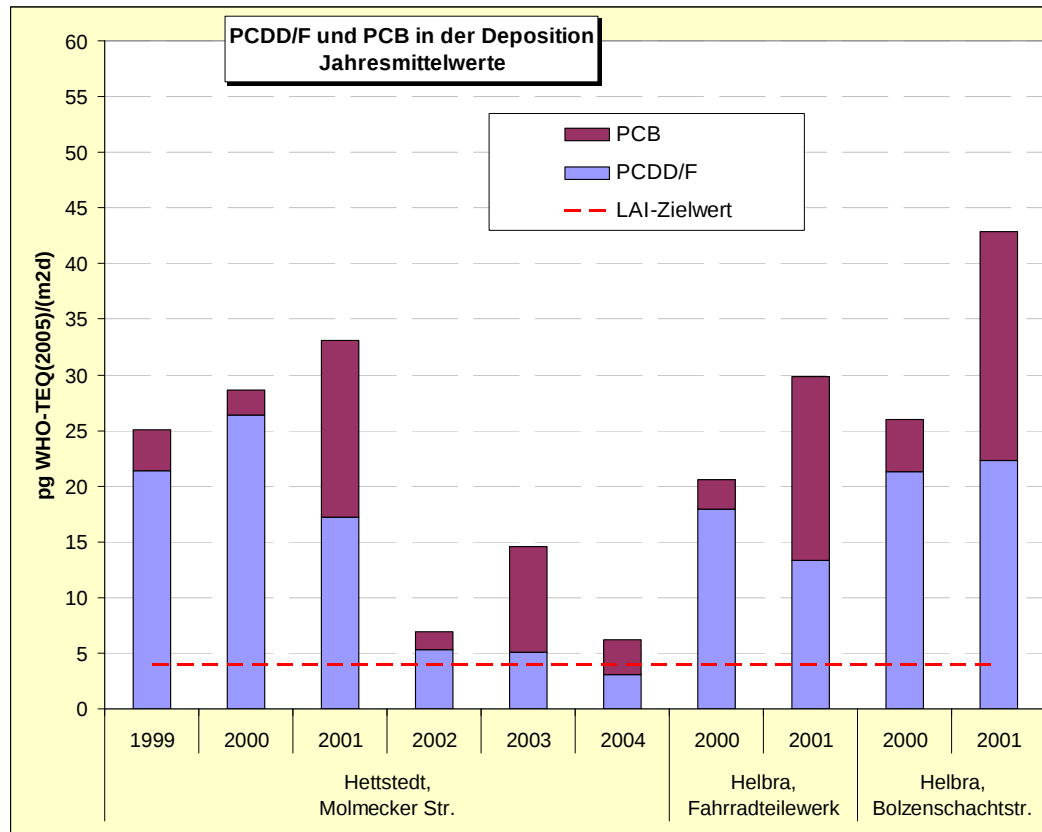


Abbildung 7: Depositionen an PCDD/F und PCB (HET 42, EIL 45 und EIL 46, beendete Messungen)

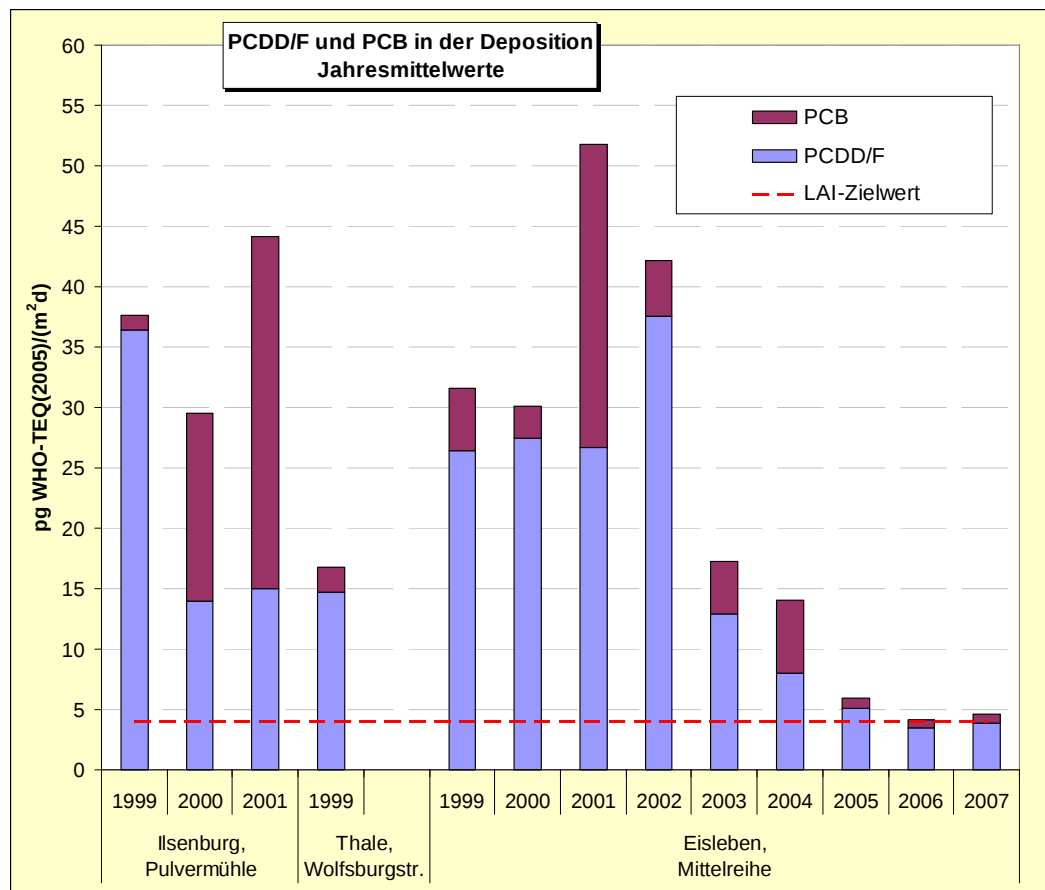


Abbildung 8: Depositionen an PCDD/F und PCB (WR 18, QLB 19 und EIL3/1, beendete Messungen)

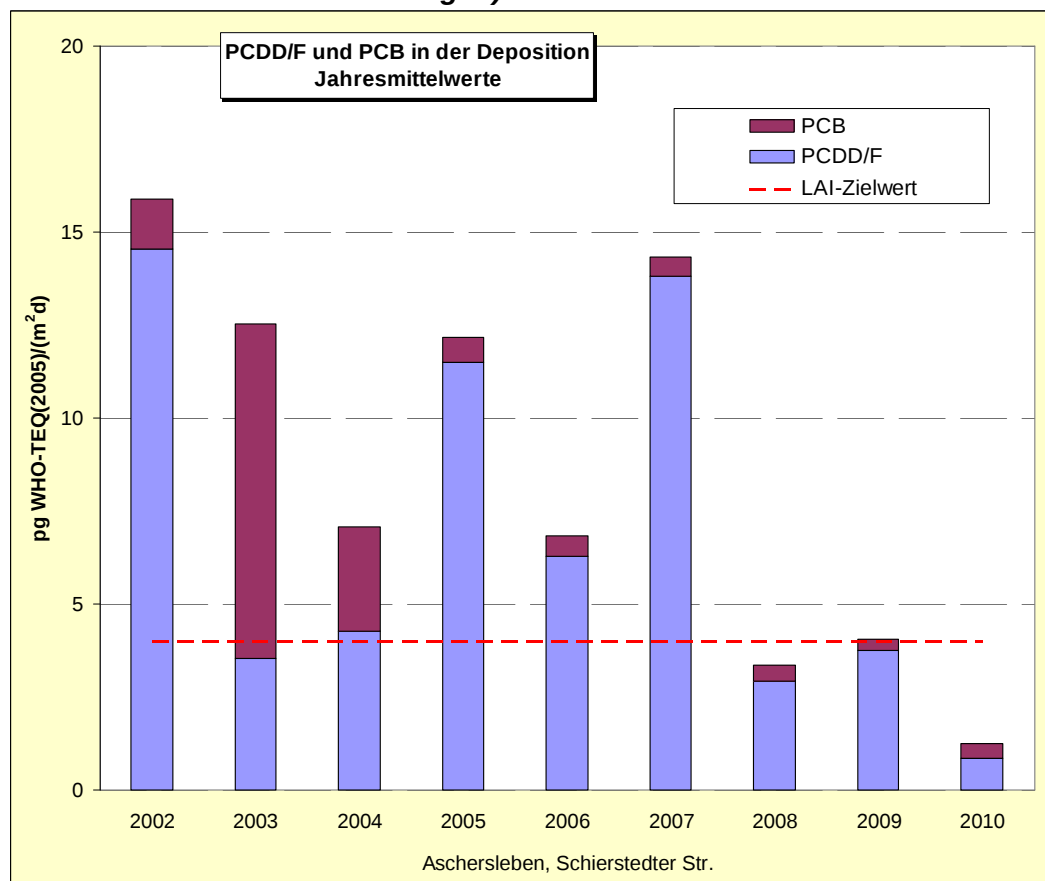


Abbildung 9: Depositionen an PCDD/F und PCB, Aschersleben, Schierstedter Str. (ASL42)

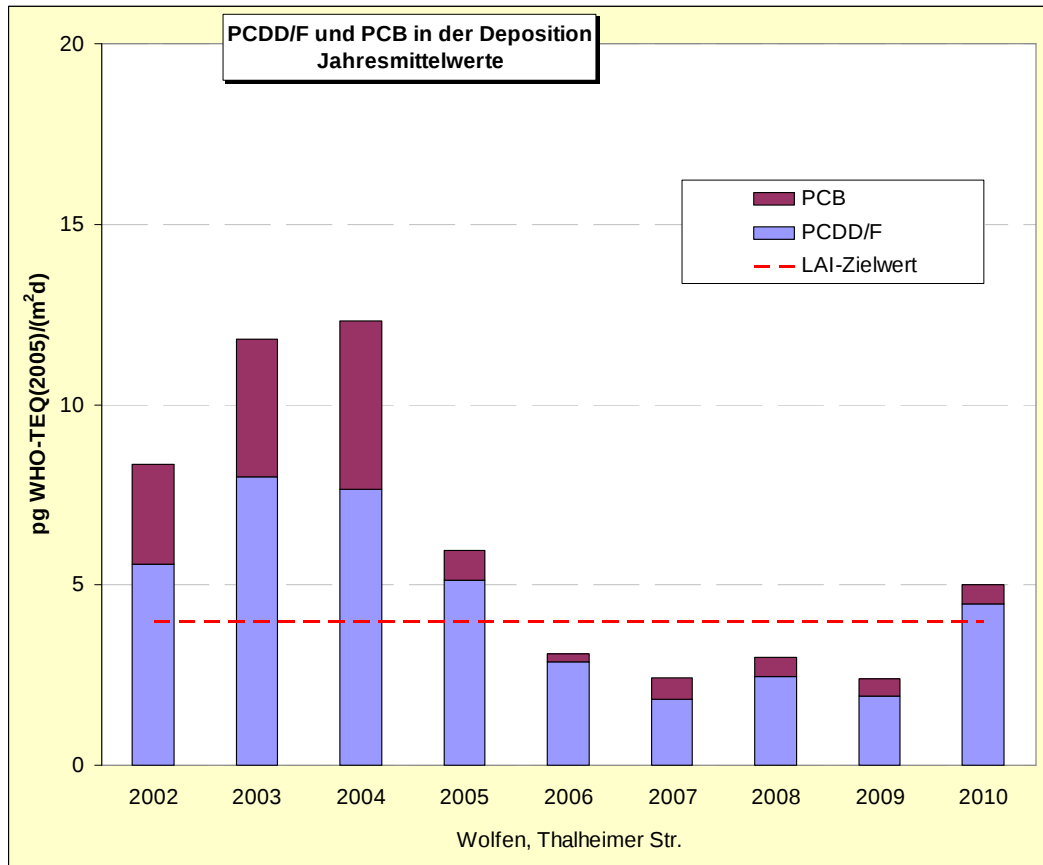


Abbildung 10: Depositionen an PCDD/F und PCB, Wolfen, Thalheimer Str. (BTF20)

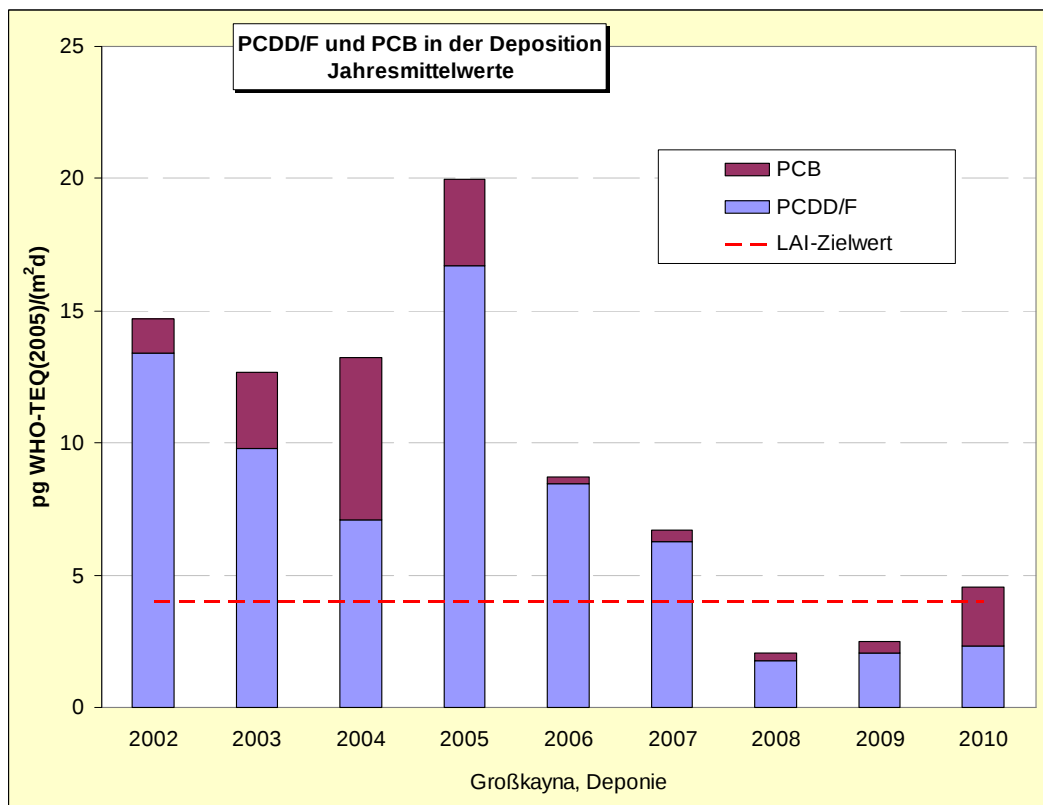


Abbildung 11: Depositionen an PCDD/F und PCB, Großkayna, Deponie (MER100)

An Messstandorten in der Nähe von Feuerungsanlagen ist in den letzten Jahren ähnlich wie bei metallurgischen Anlagen ebenfalls ein Rückgang der Jahresmittelwerte auf die Größenordnung des LAI-Zielwertes zu verzeichnen (Abbildung 9 bis 11).

5.1.2.2 Messprogramm Abfallverbrennungsanlagen (AVA)

Siedlungsabfälle dürfen gem. Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) vom 20.02.2001 nach dem 01.06.2005 auf Deponien abgelagert werden, soweit sie die Anforderungen der Deponieklasse I oder II nach der TA Siedlungsabfall einhalten. Um diesen Anforderungen zu genügen, ist im Allgemeinen eine Abfallbehandlung erforderlich.

Als Behandlungsanlagen wurden in Sachsen-Anhalt mehrere Anlagen zur thermischen Abfallbehandlung (Abfallverbrennungsanlagen) sowie Anlagen zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen bzw. zur Abtrennung des heizwertreichen Anteils des Restabfalls errichtet. Der Betrieb dieser Anlagen unterliegt mit den Anforderungen der 17. BImSchV, der 30. BImSchV bzw. der TA Luft sehr hohen Umweltstandards.

Die Messungen insbesondere unter Vorsorgeaspekten im Umfeld ausgewählter Anlagen ergaben, dass der LAI-Wert nach Inbetriebnahme der Anlagen i. d. R. unterschritten, im Jahr 2010 an drei Standorten jedoch nicht eingehalten wurde (Abbildung 12).

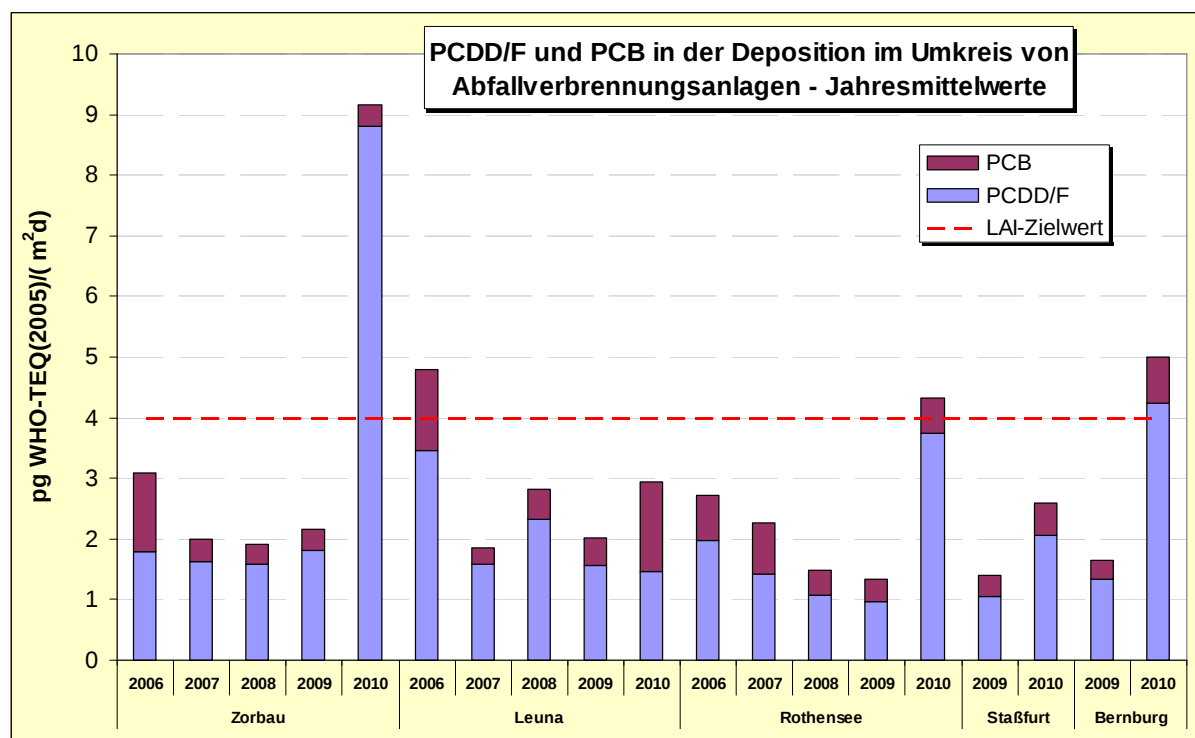


Abbildung 12: Depositionen an PCDD/F und PCB in der Nähe von Abfallverbrennungsanlagen

5.1.2.3 Hintergrundmessungen

Um die Messungen an industriell belasteten Messstandorten besser beurteilen zu können, wurden an zwei wenig belasteten Messorten Hintergrundmessungen durchgeführt. Es ist festzustellen, dass der LAI-Zielwert in Zartau und Halle in den letzten Jahren unterschritten wurde, aber eine gewisse Grundbelastung vorhanden ist (Abbildung 13). Der LAI-Zielwert wurde 2010 erstmalig seit 2005 wieder überschritten.

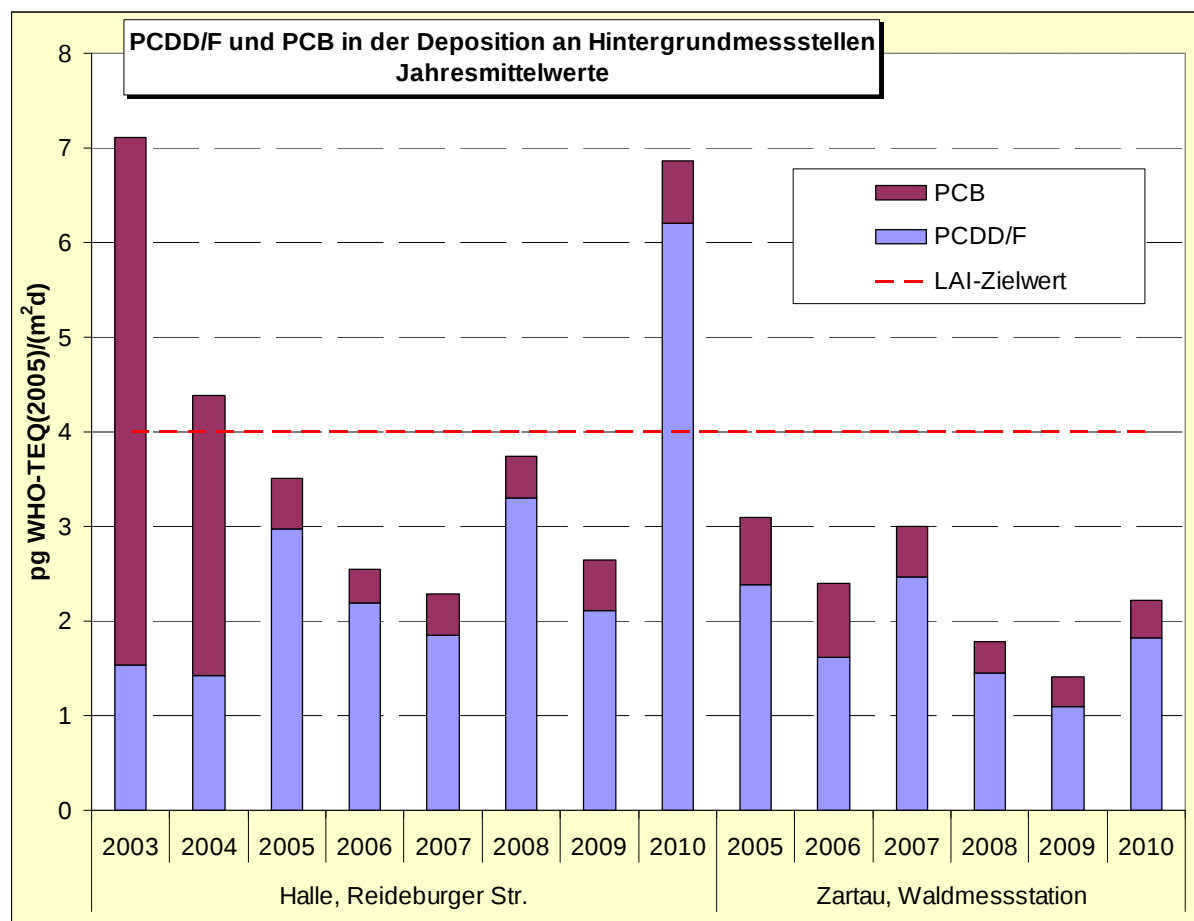


Abbildung 13: Depositionen an PCDD/F und PCB, Hintergrundmessstellen

5.1.3 Zusammenfassung

An industriell belasteten Standorten überschritten die Depositionen von polychlorierten Dioxinen, Furanen und von polychlorierten Biphenylen mit dioxinähnlicher Wirkung am Anfang des hier dargestellten Zeitraums den LAI-Zielwert teilweise um ein Vielfaches. In den letzten 10 Jahren sind diese Ablagerungen deutlich zurückgegangen. Die aktuelle Ablagerung (Jahresmittelwerte 2010) liegt in Abhängigkeit vom Standort (Maximalwert: 9 pg/m²d) aber immer noch über dem Zielwert für die langfristige Luftreinhalteplanung von 4 pg/m²d. Selbst an Hintergrundmessstellen wurde 2010 der Zielwert überschritten. Die ermittelten Depositionswerte liegen in der Größenordnung der durchschnittlichen Werte für Deutschland (PCDD/F ca. 5 pg WHO-TEQ/m²d, PCB 0,4 pg WHO-TEQ/m²d) /12/.

5.2 Untersuchung von Immissionen

In den letzten 10 Jahren erfolgte die Ermittlung von PCDD/F-Immissionsmesswerten lediglich im Rahmen von Vorbelastungsmessungen zur Standortbewertung für einen Neubau und Betrieb eines Kraftwerks (Messzeitraum: 14. Februar bis 22. September 2008) /13/. Die ermittelten Kenngrößen (6 Monatsproben) lagen an den beiden Beurteilungspunkten mit 17,3 bzw. 15,2 fg WHO-TEQ/m³ weit unter dem LAI-Zielwert /2/.

5.3 Emissionsquellen

Dem Eintrag von Dioxin/Furanen in die Luft kommt eine entscheidende Bedeutung für die Verteilung von PCDD/F in die Umwelt zu.

Über den Luftpfad können Schadstoffe ausgehend von den Quellen (z. B. Verbrennungsprozesse) in die Umgebungsluft, in das Wasser und in den Boden bis hin zur Nahrungskette eingetragen werden.

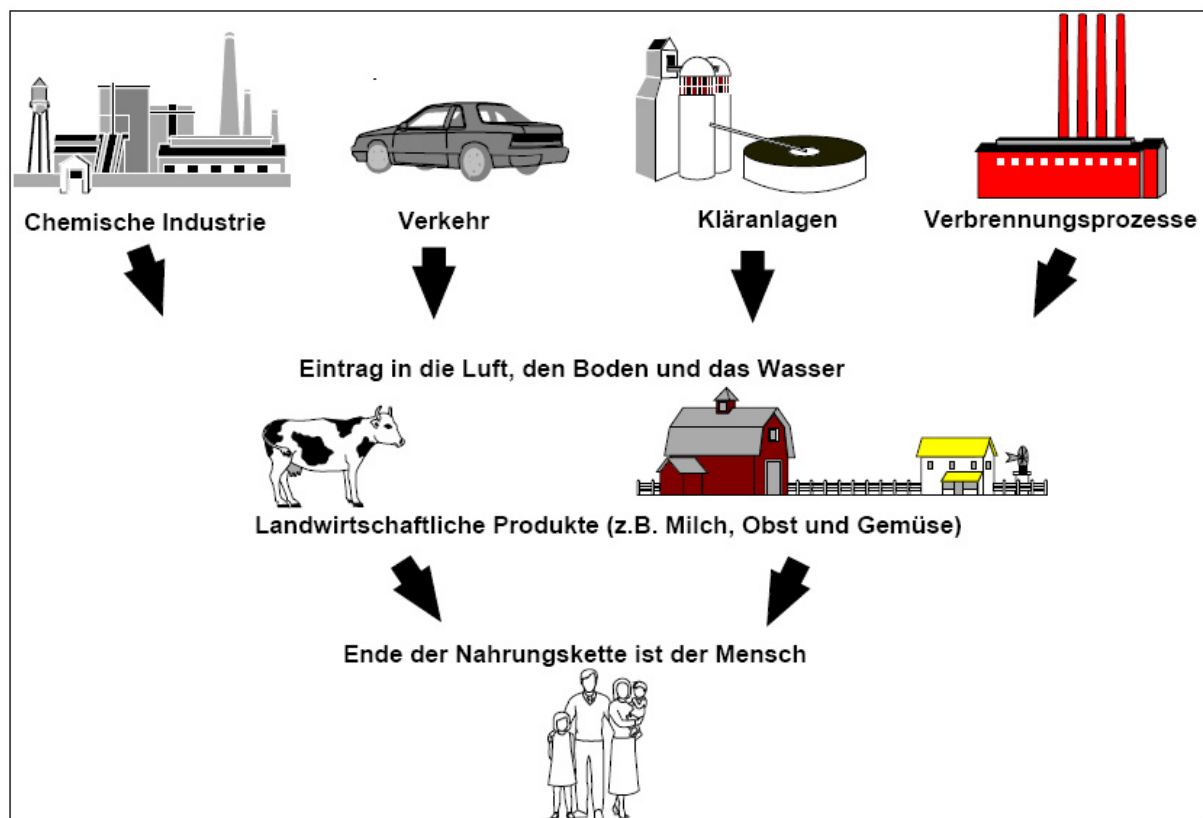


Abbildung 14: Verbreitung von Dioxinen/Furanen in der Umwelt

In Umsetzung der Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes an den Betrieb und die Errichtung von Anlagen, von denen potenziell eine schädliche Umwelteinwirkung durch PCDD/F-Emissionen ausgehen kann, werden an diesen Anlagen in regelmäßigen Abständen zur Überprüfung der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten die PCDD/F-Emissionen durch Messung bestimmt. Diese messtechnischen Ermittlungen erfolgen durch dafür kompetente und vom Anlagenbetreiber beauftragte Prüfinstitute, die sogenannten nach § 26 BImSchG bekannt

gegebenen Stellen auf Anordnung der zuständigen Behörde. Diesen Prüfinstituten kommt damit im immissionsschutzrechtlichen Überwachungsverfahren die Aufgabe zu, die Behörden von eigenen sachverständigen Ermittlungen zu entlasten. Das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt wird grundsätzlich nur im öffentlichen Interesse tätig und führt messtechnische Ermittlungen der Emissionen von PCDD/F lediglich bei überörtlicher oder wissenschaftlicher Bedeutung durch.

In einem umfassenden Bund/Länder-Messprogramm wurden in den 90er Jahren Anlagen hinsichtlich ihrer PCDD/F-Emissionen untersucht und damit die Grundlage auch für rechtliche Regelungen zur Emissionsbegrenzung von Anlagen geschaffen (siehe Kapitel 3.3).

In dem Bericht des Umweltbundesamtes (UBA) zum nationalen Emissionsinventar für unbeabsichtigt gebildete Persistente Organische Schadstoffe (uPOPs) werden für Deutschland im Jahr 2004 die in Tabelle 9 dargestellten PCDD/F ausgewiesen /14/.

Tabelle 9: Nationales Emissionsinventar für PCDD/F (Luftpfad) für das Jahr 2004 nach dem Stockholm-Übereinkommen

Quellkategorien des Stockholm-Übereinkommens nach Anlage C	PCDD/F [g I-TEQ] *		
	2,5% Perzentil	Mittel	97,5% Perzentil
Thermische Abfallbehandlung	1,5	2,2	2,8
Zementöfen	0,4	0,8	1,2
Zellstoffproduktion	0,2	0,3	0,4
Metallindustrie	40,6	55,3	70,8
Offene Verbrennung	16	32,4	54,4
Haushalte und übrige Kleinverbraucher	17,2	22,1	27,1
Feuerungsanlagen	5,4	7,5	10,1
Chemische Industrie	NE		
Krematorien	0,1	0,14	0,17
Transport und Verkehr	3,2	3,6	4,1
Tierkörperbeseitigung	0,2	0,3	0,5
Textil- und Lederbehandlung	NE		
Koks- und Anodenproduktion	0,9	1,7	2,6
Holzschutzmittelbehandlung		NE	
Gesamt	102	126,5	154

* Die Schwankungsbereiche der mittels Monte-Carlo-Simulation berechneten Emissionen werden als 2,5 und 97,5 % Perzentil angegeben.

NE = „nicht ermittelt“

Im vorliegenden Bericht werden Ergebnisse über die für Sachsen-Anhalt relevanten Quellkategorien Industrie, Haushalte, Gewerbe, Dienstleistungen und Verkehr dargestellt.

5.3.1 Industrie-, Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen

Mit den gesteigerten Anforderungen an die Deponierung von Siedlungsabfällen stellt die thermische Abfallbehandlung das wichtigste Standbein der Abfallbeseitigung dar.

Seit dem 1. Juni 2005 dürfen unbehandelte Siedlungsabfälle nicht mehr auf Deponien abgelagert werden. Die Behandlung in einer Abfallverbrennungs- oder Mitverbrennungsanlage oder in einer mechanisch-biologischen Behandlungsanlage ist für diese Abfälle seitdem ein unverzichtbarer Schritt im Entsorgungsweg. Unter diesen Randbedingungen wurde seit dem Jahr 2005 in Sachsen-Anhalt eine Reihe von Abfallverbrennungsanlagen errichtet. Mitverbrennungsanlagen sind Anlagen,

- deren Hauptzweck in der Energiebereitstellung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht und
- in denen Abfälle oder Stoffe nach § 1 Abs. 1 der 17. BImSchV als regelmäßiger oder zusätzlicher Brennstoff verwendet werden oder
- in denen Abfälle oder Stoffe nach § 1 Abs. 1 der 17. BImSchV mit dem Ziel der Beseitigung thermisch behandelt werden.

Hierzu zählen in Sachsen-Anhalt insbesondere die Zement- und Kalkwerke, aber auch Feuerungsanlagen, in denen Abfälle eingesetzt werden. Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen unterliegen den strengen immissionsschutzrechtlichen Anforderungen der 17. BImSchV.

Tabelle 10: PCDD/F-Emissionen von Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen sowie sonstigen Anlagen

Anlagenart	Anzahl	PCDD/F-Emissionen [mg I-TEQ/a]
Abfallverbrennungsanlagen	18	75
davon für:		
▪ Siedlungsabfall und Gewerbeabfälle ^{*)}	7	35
▪ Klärschlamm (kommunal und industriell)	1	0,1
▪ Altholz (Industrierest- und Gebrauchtholz)	5	27
▪ Fundmunition	1	0,3
▪ Sonderabfälle aus chemischen Anlagen und aus einer Anlage zur Herstellung von Zellstoff	4	13
Mitverbrennungsanlagen	14	122
davon für:		
▪ Großfeuerungsanlagen	4	18
▪ Anlagen zur Herstellung von Zementklinker	4	27
▪ Anlagen zum Brennen von Kalkstein	6	77
Sonstige industrielle Anlagen	13	12

^{*)} in einigen Anlagen wird auch aufbereiteter Siedlungsabfall und aufbereitete Gewerbeabfälle, als sogenannter Ersatzbrennstoff (EBS) eingesetzt

Übersicht zu Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen

Die nachfolgenden anlagenbezogenen Emissionen wurden aus vorliegenden Messberichten der Jahre 2008 bis 2010 oder aus den jeweiligen Emissionserklärungen 2008 ermittelt.

Abfallverbrennungsanlagen

Die in Sachsen-Anhalt vorhandenen sieben Abfallverbrennungsanlagen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle wurden zwischen 2005 und 2010 in Betrieb genommen. Sie entsprechen alle dem Stand der Technik. Der Emissionsgrenzwert für Dioxine und Furane nach der 17. BImSchV von $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ wird bei sämtlichen Anlagen merklich unterschritten. In der Regel bewegen sich die Emissionskonzentrationen für Dioxine und Furane bei deutlich weniger als einem Zehntel des Grenzwertes. Insgesamt emittieren die 7 Anlagen jährlich nur 35 mg I-TEQ. Zurückzuführen ist dies auf die verwendete Abgasreinigungstechnik. Neben einer Nachverbrennung der Abgase bei mindestens $850 \text{ }^\circ\text{C}$ und einer Verweilzeit von wenigstens 2 Sekunden in diesem Temperaturbereich wird dem Abgasvolumenstrom ein kohlenstoffdotiertes Kalkadditiv als Adsorbens zudosiert (Flugstromadsorption). Anschließend erfolgt die Entstaubung des Abgases durch einen filternden Abscheider.

In fünf Feuerungsanlagen wird Altholz in Form von Industrie- und Gebrauchtholz verbrannt. Darunter befinden sich zwei Anlagen, die noch mit älteren technischen Einrichtungen betrieben werden. Diese schöpfen dementsprechend den PCDD/F-Grenzwert von $0,1 \text{ ng/m}^3$ auch bis zu 75 % aus. Eine andere moderne Anlage zeigt dagegen PCDD/F-Emissionswerte, die unter 10 % des Grenzwertes von $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ liegen. Die jährlichen Gesamtemissionen dieser Anlagenart betragen 27 mg I-TEQ.

Die Abfallverbrennungsanlagen für Sonderabfälle der chemischen Industrie und der Zellstoffindustrie werden von den Unternehmen selbst betrieben. Sie sind Nebeneinrichtungen von Anlagen der Chlorchemie, der Phenol- sowie der Zellstoffherstellung. Auch diese Anlagen halten den Emissionsgrenzwert der 17. BImSchV für Dioxine und Furane von $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ sicher ein. Zur Abgasreinigung werden Quenchen, Sorptionskolonnen und Nass-Elektrofilter eingesetzt. Die Verbrennungsanlagen der Chlorchemie dienen außerdem auch zur Rückgewinnung von Salzsäure, die der Zellstoffindustrie zur Rückgewinnung von Schwefel.

Mitverbrennungsanlagen

Die Mitverbrennung von Abfällen findet in Sachsen-Anhalt in Großfeuerungsanlagen, in Anlagen zur Herstellung von Zementklinker und in Anlagen zum Brennen von Kalkstein statt. Insgesamt geht von allen Mitverbrennungsanlagen eine jährliche PCDD/F-Emission von 122 mg I-TEQ aus.

In drei Großfeuerungsanlagen wird neben dem Regelbrennstoff Braunkohle kommunaler Klärschlamm sowie Tiermehl und Blutfett bis zu einem Anteil von 5 bzw. von 20 % der Feuerungs-

wärmeleistung mitverbrannt. Die gemessenen PCDD/F-Emissionskonzentrationen nehmen den Grenzwert von 0,1 ng I-TEQ/m³ mit weniger als 10 % in Anspruch. Obwohl diese drei Anlagen einen hohen Abgasvolumenstrom besitzen, beträgt die Jahresemission aufgrund der niedrigen Konzentrationswerte nur knapp 18 mg I-TEQ. In einer weiteren Großfeuerungsanlage werden Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung und Betriebswasseraufbereitung sowie anfallende Reste aus der Holzaufbereitung für die Zellstoffgewinnung mitverbrannt. Die PCDD/F-Jahresemission beträgt dabei nur 0,3 mg I-TEQ.

Eine weitere bedeutende Mitverbrennungsanlagenart ist die Herstellung von Zementklinker. Aus Zementklinker wird in einem sich anschließenden Mahlprozess zusammen mit weiteren Komponenten Zement produziert. Die Herstellung von Zementklinker erfolgt in einem Drehrohrofen und stellt einen Hochtemperaturprozess dar. Für die Erzeugung der erforderlichen Wärme werden neben Braunkohlenstaub als Regelbrennstoff verschiedene Abfälle bis zu 90 % der Feuerungswärmeleistung eingesetzt. Für drei Anlagen liegt die Genehmigung für die vollständige Erzeugung der notwendigen Feuerungswärmeleistung aus Abfällen vor. Als Abfälle kommen Altöl, flüssige Abfälle aus der Erdölraffination, Lösungsmittel, Altreifen, gewerbliche Produktionsabfälle³ und auch Tiermehl zum Einsatz. Die jährliche Emission aller vier Anlagen liegt bei 27 mg I-TEQ PCDD/F. Die PCDD/F-Konzentrationswerte bewegen sich dabei unter 10 % des auch hier zutreffenden Grenzwertes für PCDD/F von 0,1 ng I-TEQ/m³. Als Abgasreinigungseinrichtung stehen Elektrofilteranlagen zur Verfügung, die niedrige Reststaubgehalte im Abgas garantieren. Die Verbrennungsbedingungen im Drehrohrofen mit Gastemperaturen von bis zu ca. 2.000 °C und Verweilzeiten von ca. 4 Sekunden gewährleisten einen vollständigen Ausbrand der Abfälle und auch sonstiger organischer Stoffe. Weiterhin kommt das Abgas auf seinem Weg zum Elektrofilter mit dem Rohmehl in einen innigen Kontakt (Gegenstrom). Dabei findet eine Adsorption zwischen Rohmehl und PCDD/F statt, was praktisch einer Abscheidung entspricht. Außerdem sind die Voraussetzungen für eine Neubildung von PCDD/F durch die De-novo-Synthese kaum gegeben. Dies alles zusammen führt zu den geringen Emissionen an PCDD/F.

Eine dritte Kategorie von Mitverbrennungsanlagen, die in Sachsen-Anhalt betrieben werden, sind sechs Anlagen zum Brennen von Kalkstein, die der Herstellung von Branntkalk dienen. Als Abfall wird in allen Anlagen Altöl eingesetzt. Der Anteil des Altöls an der Feuerungswärmeleistung bewegt sich dabei zwischen 70 und 100 %. Diese Anlagen zeigen von allen Mitverbrennungsanlagen die höchsten Emissionskonzentrationen. Der Grenzwert für PCDD/F von 0,1 ng I-TEQ/m³ wird zum Teil überschritten. Diese Anlagen tragen auch mit einer Jahresemission von 77 mg I-TEQ überproportional zur Gesamtemission von 122 mg I-TEQ für alle Mitverbren-

³ Saubere Produktionsabfälle mit eindeutiger Zuordnung zu den Ausgangsmaterialien wie z. B. PA/PE Verbundfolien aus der Lebensmittelindustrie, PA/PE Zellulose Verbundmaterial aus dem Hygienebereich, PE/PP Verbundfolien aus der Verpackungsbranche, Schaumstoffe aus verschiedenen Bereichen, Textilreste, Teppichreste.

nungsanlagen bei. Durch Verbesserungen bei der Qualität des eingesetzten Altöls sowie durch eine verbesserte Abluftreinigung sind hier kurzfristig noch Minderungspotenziale zur sicheren Einhaltung der Emissionsgrenzwerte zu erschließen.

Feuerungsanlagen

▪ Großfeuerungsanlagen

Im Jahr 2008 wurden in Sachsen-Anhalt 32 Anlagen im Geltungsbereich der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen - 13. BImSchV - betrieben. Darunter befinden sich allerdings nicht die Feuerungsanlagen, in denen Abfälle mitverbrannt werden. Diese zählen zu den Mitverbrennungsanlagen nach der 17. BImSchV.

Auf der Grundlage des gemeldeten Energieträgereinsatzes in den einzelnen Anlagen und brennstoffabhängiger Emissionsfaktoren (UBA Texte 01/08) wurden die PCDD/F-Emissionen berechnet. Daraus ergibt sich für die Großfeuerungsanlagen ein jährlicher Emissionsmassenstrom von 35 mg I-TEQ PCDD/F. Hauptanteil haben die Feuerungen auf der Basis von Rohbraunkohle und die gasgefeuerten Anlagen.

• TA Luft - Feuerungsanlagen

Die Abschätzung der Dioxin-Emissionen aus den TA Luft Feuerungsanlagen erfolgt über die Angaben zu Brennstoffen im Rahmen der Emissionserklärungen des Jahres 2008 unter Berücksichtigung der brennstoffabhängigen Emissionsfaktoren /14/.

Auf diese Weise wird ein Massenstrom von 44 mg I-TEQ PCDD/F berechnet. Nahezu 70 % stammen dabei aus Holzfeuerungsanlagen.

Sonstige industrielle Anlagen

Aus Emissionsmessungen und aus den Emissionserklärungen von 2008 sind von 13 Anlagen, die keiner der vorherigen Kategorien zugeordnet werden können, PCDD/F-Emissionen bekannt. Darunter befindet sich eine Anlage zur Herstellung von synthetischem Quarzglas, die mit einer Jahresemission von 10,5 mg I-TEQ den Hauptanteil an der insgesamt ermittelten Emission von 12 mg I-TEQ beiträgt. Weitere Anlagenarten sind in dieser Gruppe eine Aluminiumschmelzanlage, eine Anlage zur mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen und ein BHKW, das mit Deponiegas betrieben wird sowie 9 Anlagen zur Herstellung von Asphaltmischgut bzw. zur Aufbereitung von bituminösen Straßenbaustoffen.

5.3.2 Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Kleine und mittlere Feuerungsanlagen

Die PCDD/F-Emissionen aus Feuerungsanlagen für die Sektoren Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen werden wesentlich über die eingesetzten Brennstoffe bestimmt. Von entscheidender Bedeutung ist dabei der Einsatz von festen Brennstoffen.

Hier hat es in den Jahren nach 1990 deutliche Veränderungen gegeben. Wurden im Jahr 1994 ca. 680.000 Tonnen Braunkohlenbriketts eingesetzt, so waren es im Jahr 2009 nur noch ca. 72.000 Tonnen.

Der Einsatz von Holzbrennstoffen hat dagegen in den letzten Jahren deutlich zugenommen.

Aus der Energiebilanz Sachsen-Anhalt 2008 und den darin ausgewiesenen Energieträgern (Brikett, Erdgas, Heizöl-EL) kann mit Hilfe von Emissionsfaktoren der jährliche PCDD/F-Emissionsmassenstrom bilanziert werden. Für das Jahr 2008 ergibt sich eine Jahresemission von ca. **565 mg I-TEQ PCDD/F**.

Hauptverursacher mit nahezu 80 % der Emissionen sind dabei die Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe, insbesondere Holz. Nachwachsende Rohstoffe, außer Holz, gewinnen als Brennstoff in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen zunehmend an Bedeutung.

Der angestrebte Ausbau der energetischen Nutzung von Holz und anderen biogenen Brennstoffen ist unter Klimaschutzaspekten eindeutig positiv zu bewerten.

Mit der Verbrennung von Stroh bzw. ähnlichen pflanzlichen Stoffen in Kleinf Feuerungsanlagen können allerdings erheblich höhere Emissionen von gefährlichen Schadstoffen wie polychlorierten Dioxinen/Furanen und polyaromatischen Kohlenwasserstoffen verbunden sein. Diese Emissionen können durch entsprechend ausgelegte Heizungsanlagen reduziert werden.

Dieser Tatsache Rechnung tragend, wurden durch die novellierte 1. BImSchV an diese Anlagen spezielle Anforderungen hinsichtlich der Begrenzung von Dioxinen/Furanen gestellt.

So müssen Neuanlagen, die Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe oder nachwachsende Rohstoffe einsetzen, in einer Typprüfung nachweisen, dass ein Emissionsgrenzwert für PCDD/F von 0,1 ng I-TEQ/m³ eingehalten wird.

Weiterhin wurden die Staubemissionsgrenzwerte verschärft, wodurch zukünftig die Emissionen partikelgebundener Schadstoffe ebenfalls gemindert werden können.

Feuerbestattungsanlagen

Aus immissionsschutzrechtlicher Sicht sind gemäß den Bestimmungen der 27. BImSchV beim Betrieb einer Feuerbestattungsanlage die Emissionsgrenzwerte für Kohlenmonoxid (50 mg/m³), Organische Stoffe (20 mg/m³), Gesamtstaub (10 mg/m³) und Dioxine/Furane (0,1 ng I-TEQ/m³) im Abgas einzuhalten.

In Sachsen-Anhalt existieren 9 Krematorien mit insgesamt 17 Feuerbestattungsanlagen (Ofenlinien). Aus Anlagenmessungen ergeben sich unter Beachtung der Jahresbetriebsstunden jährliche PCDD/F-Emissionen in Höhe von 0,83 mg I-TEQ.

Mit dem Inkrafttreten der 27. BImSchV im Jahr 1997 und innerhalb einer Übergangszeit von 3 Jahren mussten die Betreiber ihre Feuerbestattungsanlagen mit einer Abgasreinigung für PCDD/F ausrüsten. Als Emissionskonzentrationen wurden bis dahin Werte von über 1 ng I-TEQ/m³ gemessen. Infolge der Ausrüstungen mit modernen Abgasreinigungssystemen⁴ konnte der Emissionsmassenstrom der Feuerbestattungsanlagen gegenüber dem Jahr 1994 erheblich verringert werden (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Abschätzung der PCDD/F-Emissionen aus Feuerbestattungsanlagen

Standort	Ofenlinie	Jahresbetriebsstunden [h]	Massenstrom (Mittelwert) [µg I-TEQ/h]	PCDD/F-Emission [µg I-TEQ/a]
Krematorium 1	1	1350	0,004	6
	2	1300	0,006	8
	3	1280	0,006	8
Krematorium 2	1	2122	0,124	264
Krematorium 3	1	3667	0,015	53
	2	3667	0,014	51
	3	3667	0,005	18
Krematorium 4	1	3135	0,004	13
	2	3135	0,003	8
Krematorium 5	1	1666	0,013	22
	2	1666	0,007	12
	3	1666	0,024	40
Krematorium 6	1	2600	0,007	18
	2	2600	0,021	56
Krematorium 7	1	2906	0,011	32
Krematorium 8	1	3530	0,001	2
Krematorium 9	1	2010	0,111	223
Gesamt:	17	2469 (Mittelwert)		832

⁴ mehrheitlich wird das Flugstromverfahren in Verbindung mit einem filternden Abscheider genutzt

5.3.3 Verkehr

Dioxine können bei der Verbrennung im Motor in sehr geringen Spuren aus chlorhaltigen Öl- und Benzinzusätzen (Scavanger, dienen zur Verhinderung von Ablagerungen im Motor) entstehen. Die dafür maßgeblichen Additive sind zwischenzeitlich verboten.

Die gesamten Dioxin-Emissionen aus dem Sektor Transport und Verkehr liegen in Deutschland nach Schätzungen des Umweltbundesamtes bei **3,6 g I-TEQ/Jahr** für das Jahr 2004 /15/.

Die Emissionen von PCDD/F sind mit dem Verbot von Scavangern, der flächendeckenden Einführung bleifreien Benzins und der nahezu kompletten Ausrüstung der Benzinfahrzeuge mit Katalysatoren im Verkehrsbereich in den vergangenen Jahren sehr stark zurückgegangen.

Die Neubildung im Verbrennungsmotor kann lediglich auf der Basis von Spuren von halogenierten Verunreinigungen im Kraftstoff, im Motorenöl oder in der Verbrennungsluft erfolgen. Ein Teil der dort gebildeten Dioxine und Furane dürfte in den Drei-Wege-Katalysatoren der Otto-Fahrzeuge bzw. in den Oxidationskatalysatoren der Diesel-Fahrzeuge zerstört werden. Auf Grund der geringen Schadstoffmengen ist diese Quellgruppe hinsichtlich der Dioxine und Furane als nachrangig einzuschätzen.

Belastbare Emissionsfaktoren für die unterschiedlichen Verbrennungsverfahren, Abgasbehandlungskonzepte und Kraftstoffe existieren nicht, so dass mengenmäßige Angaben als grobe Abschätzung der wahrscheinlichen Größenordnung derartiger Emissionen angesehen werden müssen.

Um dem Gefährdungspotenzial dieser Stoffe gerecht zu werden wird versucht, durch die geeignete Wahl der Randbedingungen einen möglichst konservativen Ansatz zu wählen, um die mögliche Maximalbelastung abschätzen zu können.

Da die bekannten Emissionsfaktoren für Dioxine und Furane für Verbrennungsmotoren auf der verbrannten Kraftstoffmenge fußen, liegt es nahe, über die Ermittlung der Kraftstoffverbräuche einzelner Verkehrssektoren zu nachvollziehbaren Schadstoffemissionen zu gelangen. Prinzipiell ist es möglich aus Statistiken des Energieverbrauchs bzw. aus Kraftstoffabsatzstatistiken größenordnungsmäßig emittierte Stoffmengen zu ermitteln. Prinzipbedingt sind hier die Systemgrenzen in der Regel sehr weit gefasst, so dass eine weitere Differenzierung, die u. a. Rückschlüsse auf die Hauptverursacher zulässt, erschwert wird.

Ein anderer Ansatz, der allerdings auch von verkehrsstatistischen Daten ausgeht, basiert auf der Auswertung der Kfz-Bestandszahlen, der jeweils spezifischen Jahresfahrleistung und der zugeordneten spezifischen Kraftstoffverbräuche.

Der Straßenverkehr, der im Verkehrsbereich als Hauptquelle angesehen werden muss, bietet für diesen Ansatz die beste Datenbasis. In der Tabelle 12 sind sowohl die in die Berechnung eingegangenen verkehrsstatistischen Daten, die verwendeten Emissionsfaktoren als auch die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt. Die in der Tabelle verwendeten Daten entstammen verschiedenen Quellen /16/ - /18/.

Weitere relevante Emissionsquellen mit Verbrennungsmotoren, für die entsprechende Daten zur Verfügung stehen, sind der Landwirtschaftsbereich und die nichtelektrifizierten Traktionen der Eisenbahn.

Im Landwirtschaftsbereich wurde der Kraftstoffverbrauch grob über die bewirtschaftete Ackerfläche des Jahres 2009 und einen mittleren spezifischen Kraftstoffverbrauch abgeschätzt.

Im Jahr 2008 wurde in Sachsen-Anhalt eine Ackerfläche von 998253 ha **/19/** bewirtschaftet. Der mittlere Kraftstoffverbrauch zur Bewirtschaftung beträgt etwa 100 l Dieseldieselkraftstoff (DK). Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass der gesamte Kraftstoffverbrauch von 81 857 t nur über Dieseldieselkraftstoff abgedeckt wird.

Mit dem Emissionsfaktor von 0,07 µg I-TEQ/t DK ergibt sich eine jährlich emittierte Dioxin- und Furanmenge von **5.730 µg I-TEQ**.

Im Eisenbahnverkehr werden nur die Emissionen der Dieseldieseltraktion berücksichtigt. Aus den Daten des Emissionskatasters Teil Eisenbahn **/20/** geht ein Kraftstoffverbrauch dieses Sektors von 15 515 t DK der Deutschen Bahn AG und ca. 5 935 t DK privater Bahnbetreiber hervor. Mit einem Emissionsfaktor von 0,09 µg I-TEQ/t DK **/20/** resultieren **1.931 µg I-TEQ**.

Aus diesen drei Bereichen resultiert eine Gesamtmenge an emittierten Dioxinen und Furanen von etwa **82 mg I-TEQ im Jahr**.

Dabei hat der Straßenverkehr den Hauptanteil von 90,6 %, der Landwirtschaftsbereich einen Anteil von 7 % und der dieseldieselbetriebene Eisenbahnverkehr einen Anteil von 2,3 %.

Die Ergebnisse dieser Abschätzungen zeigen im Vergleich zu den Ergebnissen des Jahres 1996 (max. 500 mg I-TEQ) eine sehr starke Abnahme der Emissionen dieser Stoffgruppe, die hauptsächlich auf den Einsatz hochwertigerer Kraftstoffe und Motorenöle, die Verbesserung der Motorentechnik und den zunehmenden Einsatz fortschrittlicher Abgasreinigungssysteme zurückzuführen ist.

Tabelle 12: Abschätzung der Dioxinemissionen des Straßenverkehrs in Sachsen-Anhalt (Kfz-Bestand 01.01.2009)

	Bestand (ohne Elekt- ro)	durchschn. Fahrleistung (FL) [km/a]	Gesamt-FL [Fz.-km]	durchschnittlicher Verbrauch [l/100 km]	Gesamtverbrauch [m ³ /a]	Gesamtverbrauch [t/a]	spez. Emissions- faktor [µg I-TEQ/t]	Gesamtemissionen [µg I-TEQ/a]	Bemerkungen
Krafträder	73120	3000	219360000	3,88	8511,2	6366,4	0,12	764	
Otto	73060								
Diesel	53								
Pkw	1180629	14100	16646868900						
Otto	968960	12800	12402688000	7,88	977331,8	731044,2	0,02	14621	
Diesel	211655	20000	4233100000	6,11	258642,4	212086,8	0,06	12725	
Kraftomnibusse	2156	44100	95079600						
Otto	343		15126300	20	3025,3	2262,9	0,12	272	Verbrauch geschätzt
Diesel	1813		79953300	42,52	33996,1	27876,8	0,07	1951	
Lastkraftwagen	85067	25700	2186221900						
Otto	6934		178203800	8,54	15218,6	11383,5	0,02	228	
Diesel	78125		2007812500	26,96	541306,3	443871,1	0,07	31071	
ZugM Sattel	7641	102000	779382000						
Otto	7		714000	8,54	61,0	45,6	0,02	1	
Diesel	7634		778668000	26,96	209928,9	172141,7	0,07	12050	
sonst. Kfz	9290	6100	56669000						
Otto	1234		7527400	8,54	642,8	480,8	0,12	58	
Diesel	8055		49135500	26,96	13246,9	10862,5	0,07	760	
Gesamt			19983581400					74501	
Otto			12823619500		1004790,7	751583,4		15944	
Diesel			7148669300		1057120,6	866838,9		58557	

5.3.4 Zusammenfassung

Im Dioxinbericht des Landes Sachsen-Anhalt aus dem Jahr 1996 wurden für Sachsen-Anhalt jährliche Dioxinemissionen aus den Bereichen Industrie, Haushalte, Gewerbe, Handwerk, Dienstleistungen und Verkehr in der Größenordnung von ca. 20 g I-TEQ ausgewiesen.

Davon wurden allein 15,5 g I-TEQ aus Anlagen der Sekundär-Kupfer- und Aluminiumverarbeitung emittiert. Letztere sind zwischenzeitlich alle außer Betrieb gegangen.

Weiterhin hat die Altanlagenanierung der Großfeuerungsanlagen und der TA Luft-Anlagen verbunden mit Stilllegungen, Ersatz von Altanlagen, Errichtung moderner Neuanlagen sowie Energieträgerumstellung zu einer weiteren Emissionsminderung beigetragen.

Im Bereich der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen sind die Heizungsmodernisierung, die Brennstoffumstellung von Kohle auf gasförmige oder flüssige Brennstoffe und die Modernisierung des Wohngebäudebestandes hervorzuheben.

Tabelle 13: Emissionen an PCDD/F in Sachsen-Anhalt

Sektor	Dioxinbericht ST 1996 mg I-TEQ	Emissionen 2008 mg I-TEQ
Abfallverbrennungsanlagen	-	48
Mitverbrennungsanlagen davon: Großfeuerungsanlagen Zementwerke Kalkwerke		122 18 27 77
Feuerungsanlagen	430	79
Anlagen zur Herstellung und Verarbeitung von Stahl, Eisen und sonstigen Metallen	15.500	keine Werte
Kupolöfen	40	keine Werte
Sonstige		12
Kleine und mittlere Feuerungsanlagen	700	565
Feuerbestattungsanlagen	30	1
Verkehr	500	82
Gesamtemissionen PCDD/F in g I-TEQ	ca. 20 g	< 1 g

In den zurückliegenden Jahren konnten aufgrund der rechtlichen Regelungen zur Emissionsbegrenzung erhebliche Emissionsminderungen in Sachsen-Anhalt erreicht werden. Daran ändert auch die Inbetriebnahme von Abfallverbrennungsanlagen nach dem Jahr 2005 nichts.

5.4 Untersuchungen von Schwebstoffen

In Sachsen-Anhalt werden im Rahmen des **Gewässerüberwachungsprogramms Sachsen-Anhalt** (GÜSA) seit den 90er Jahren **Dioxine** in **Schwebstoffen** bzw. in **schwebstoffbürtigen Sedimenten** untersucht. Die Planung für dieses Überwachungsprogramm erfolgt jährlich durch den Gewässerkundlichen Landesdienst (GLD) im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) Sachsen-Anhalt /21/.

Seit dem Jahr 2005 wurden neben den routinemäßig durchgeführten Untersuchungen der Monatsmischproben an den drei Automatische Messstation Beschaffenheit (AMB) in Magdeburg an der Elbe, in Dessau an der Mulde und in Rosenberg an der Saale bzw. am Schwebstoffkasten im Spittelwasser auch Einzelbeprobungen von Probennahmestellen mittels einer mobilen Schwebstoffzentrifuge analysiert, an denen ein erhöhtes Eintragspotenzial vermutet wird bzw. überwacht werden soll /21/.

Nachfolgend werden die in Sachsen-Anhalt vorhandenen Analysenergebnisse der Dioxine im schwebstoffbürtigen Sediment bzw. im Schwebstoff der Jahre 2005 bis 2009 zusammenfassend dargestellt und ausgewertet.

Die Abbildung 15 zeigt eine Übersichtskarte Sachsen-Anhalts (Maßstab 1:650.000) mit allen Dioxinmessstellen für Schwebstoffe der Jahre 2005-2009.

5.4.1 Zielvorgaben und Bewirtschaftungsziele

Gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind für das Erreichen eines guten Zustandes der Oberflächenwasserkörper Umweltqualitätsnormen (UQN) für eine Vielzahl von Schadstoffen einzuhalten. Forderungen der WRRL wurden im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) in deutsches Recht umgesetzt. Für Dioxine sind darin keine rechtlich verbindlichen Qualitätsnormen festgelegt.

Momentan ist die Festlegung von Qualitätsnormen für Dioxine auf EU-Ebene in der Diskussion. Entsprechend der Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen vom 16.12.2008 sind die Dioxine im Anhang III als Stoffe aufgeführt, die einer Überprüfung zur möglichen Einstufung als „prioritäre Stoffe“ oder „prioritär gefährliche Stoffe“ zu unterziehen sind /22/.

Dioxine wurden auch im Bewirtschaftungsplan der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe als relevant eingestuft. Deshalb hat die FGG Elbe entsprechende Bewertungsmaßstäbe entwickelt. Zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft vor kontaminierten Sedimenten wurde dabei für Dioxine eine Zielvorgabe von **20,0 ng I-TEQ/ kg** herangezogen.

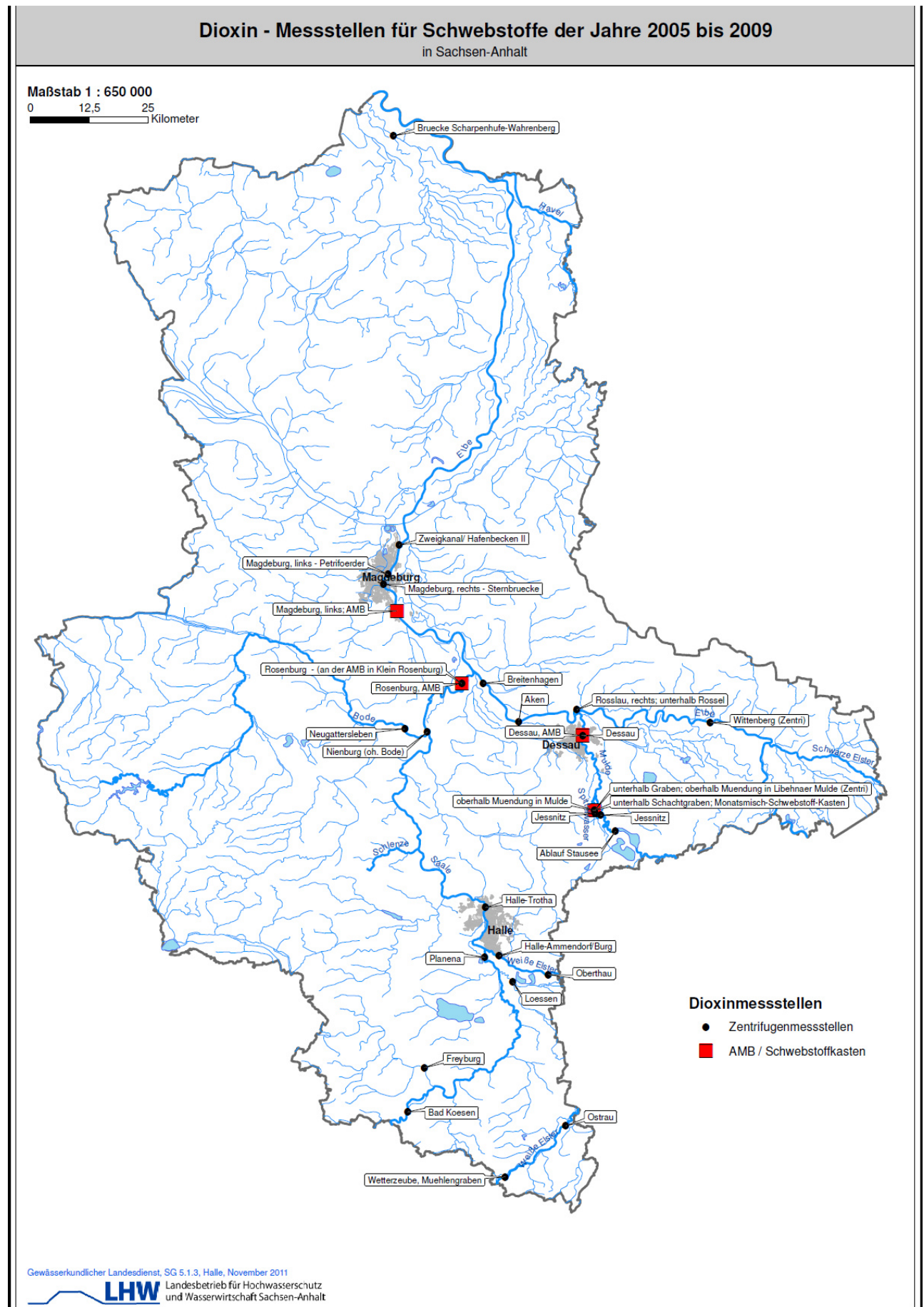


Abbildung 15: Dioxinmessstellen im Schwebstoff der Jahre 2005-2009

Diese Zielvorgabe wird im nachfolgenden Berichtsteil als Vergleichsmaßstab verwendet (im Folgenden als „Zielvorgabe Sediment“ bezeichnet). Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um einen Orientierungswert ohne rechtliche Verbindlichkeit handelt.

Die Bewertungsgrundlagen werden gegenwärtig im Rahmen der Erarbeitung des elbweiten Sedimentmanagementkonzepts durch die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IK-SE) und die FGG Elbe fortgeschrieben.

5.4.2 Bewertungsmethode

Für die nachfolgende Auswertung werden je Messstelle die ermittelten Einzelkongenere einer Messung zur jeweiligen Vergleichbarkeit auf Dioxinäquivalente (PCDD/F in ng I-TEQ/ kg) umgerechnet (siehe 4.4).

Die in einem Untersuchungsjahr ermittelten Dioxingehalte wurden pro Messstelle zu einem arithmetischen Jahresmittelwert zusammengefasst. Eine Berechnung des Jahresmittelwertes erfolgte, wenn mindestens drei Einzelwerte vorlagen.

Anschließend wurden die Jahresmittelwerte mit der vorgegebenen Zielvorgabe für Sediment verglichen und bewertet.

Die Dioxingehalte in den entnommenen Schwebstoffproben wurden im betrachteten Zeitraum in der < 2 mm-Fraktion untersucht.

Die Monatsmischproben und Proben aus der Gewinnung mittels Zentrifuge können dabei aufgrund der unterschiedlichen Beprobungsbedingungen (Mischprobe/Einzelprobe) nicht direkt miteinander verglichen werden!

5.4.3 Ergebnisse der Dioxinuntersuchungen

5.4.3.1 Dioxinuntersuchungen im schwebstoffbürtigen Sediment der Automatischen Messstationen Beschaffenheit AMB bzw. des Schwebstoffkastens (Monatsmischproben)

Die Beprobung fand an den AMB bzw. am Schwebstoffkasten (Spittelwasser) jährlich und jeweils (bis auf technisch bedingte Abweichungen, wie z. B. hochwasserbedingte Stilllegung) im 3-Monatsrhythmus statt.

Die Proben aus den Sedimentationsbecken bzw. aus dem Schwebstoffkasten geben einen Überblick über die Gewässerbeschaffenheit innerhalb eines Monatszeitraumes.

Die Aussagefähigkeit dieser Daten ist aufgrund des Zeitraumes (kontinuierliche Messungen nach einem kompletten Monat) besonders hoch, da alle in diesem Zyklus auftretenden Schwankungen, Minimal- und Maximalwerte erfasst werden.

Ursache möglicher Schwankungen können, neben der Probennahme selbst, auch Strömungsunterschiede und Wasserstandsschwankungen, Niederschlagsereignisse, Schifffahrt und unterschiedliche Durchmischung, etc. sein.

In der nachfolgenden Tabelle 14 sind die Mittelwerte der Dioxingehalte der AMB-Messstellen und des Schwebstoffkastens der Jahre 2005 bis 2009 mit der zugrunde liegenden Anzahl der Monatsmischproben des betreffenden Jahres aufgeführt.

Tabelle 14: Jahresmittelwerte (JMW) PCDD/F – AMB / Schwebstoffkasten der Jahre 2005-2009

				JMW Σ PCDD/F in ng I-TEQ/ kg (*)				
				Zielvorgabe 20,0 ng I-TEQ/ kg				
Gewässer	Messstelle	H-Wert	R-Wert	2005	2006	2007	2008	2009
Spittelwasser	unterhalb Schachtgraben	5728690	4520075	1367 (4)	1422 (4)	1034 (3)	1608 (5)	1070 (3)
Mulde	Dessau	5744400	4517550	78,1 (7)	77,3 (4)	127 (4)	79,4 (5)	118 (4)
Saale	Rosenburg	5755200	4491900	36,0 (4)	60,0 (4)	94,4 (4)	44,7 (5)	41,6 (4)
Elbe	Magdeburg	5770400	4478106	89,7 (4)	90,8 (3)	53,0 (4)	52,0 (4)	57,3 (4)

(*) - Anzahl der Monatsmischproben

Die Schwebstoffgehalte der Jahresmittelwerte der einzelnen Messstellen schwanken im Verlauf der 5 betrachteten Jahre zum Teil erheblich.

Besonders auffällig ist dabei das **Spittelwasser**, welches für seine hohen Dioxin-Gehalte im Schwebstoff bekannt ist. Der höchste Jahresmittelwert (JMW) des Betrachtungszeitraums wurde im Jahr 2008 mit 1.608 ng I-TEQ/ kg ermittelt.

In der **Mulde** wurden im Berichtszeitraum erhöhte Dioxingehalte nachgewiesen. Diese sind im historischen Zusammenhang mit der Belastung durch das Spittelwassersystem zu sehen. Die Mittelwerte der Dioxingehalte der Jahre 2005, 2006 und 2008 sind auffallend homogen (78,1; 77,3 und 79,4 ng I-TEQ/ kg). In den Jahren 2007 und 2009 traten mit 127 und 118 ng I-TEQ/ kg höhere Werte auf.

In der **Saale**, dem abflussstärksten Elbezufluss Sachsen-Anhalts, sind die jeweiligen Dioxingehalte der Jahre 2005, 2008 und 2009 relativ gleichbleibend (36,0; 44,7 und 41,6 ng I-TEQ/ kg). Im Jahr 2006 kam es zu einem leichten Anstieg (60,0 ng I-TEQ/ kg) der Gehalte, im Jahr 2007 wird mit 94,4 ng I-TEQ/ kg im Jahresmittel der höchste Wert erreicht (Tabelle 14). Die Ursache lässt sich aufgrund der Datenlage nicht eindeutig ermitteln. Wahrscheinlich ist jedoch, dass die diversen Hochwasserwellen im März/April und August 2006 sowie August bis Dezember 2007 auch zu diesem Anstieg beigetragen haben.

Im schwebstoffbürtigen Sediment der **Elbe** ist ein sehr deutlicher Rückgang der Gehalte zwischen den Jahren 2005/ 2006 (mit 89,7 bzw. 90,8 ng I-TEQ/ kg) und 2007/ 2009 (mit 53,0 bzw. 57,3 ng I-TEQ/ kg) zu verzeichnen (Tabelle 14).

Es fällt auf, dass sich Belastungsschwankungen in Mulde und Saale nicht direkt in der Elbe niederschlagen. Der unmittelbare Einfluss des Spittelwassers bzw. der Mulde sowie der Saale auf die Elbe ist aufgrund der differenten Abflussdimensionen und vermutlich auch infolge der ab-

weichenden Probennahmetage bzw. -zyklen und zum Teil nicht fließfolgekonformen Probenahme sowie der relativ geringen Datenanzahl nicht ereignisbezogen nachweisbar.

Unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse ab dem Jahr 1995 werden aus den Jahresmittelwerten der Dioxine zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Gehalte der **Elbe** gingen im Beobachtungszeitraum deutlich zurück.
- Die Gehalte der **Saale** erreichten im Jahr 2007 ihren maximalen Wert und zeigen seit 2008 einen leicht rückläufigen Trend.
- Die Analysenwerte der **Mulde** waren bis 2006 von einem kontinuierlichen Rückgang gekennzeichnet, danach waren beträchtliche Schwankungen festzustellen.
- Das **Spittelwasser** weist leicht rückläufige, aber nach wie vor sehr hohe Belastungen auf.

In der Abbildung 16 wird die Entwicklung der Dioxingehalte nach der letzten Berichterstattung im Jahr 1995 bis zum Jahr 2009 dargestellt. Sie veranschaulicht unter anderem, wie hoch die Gehalte und wie stark die Schwankungen im schwebstoffbürtigen Sediment des Spittelwassers im Verlauf der ausgewählten Jahre waren.

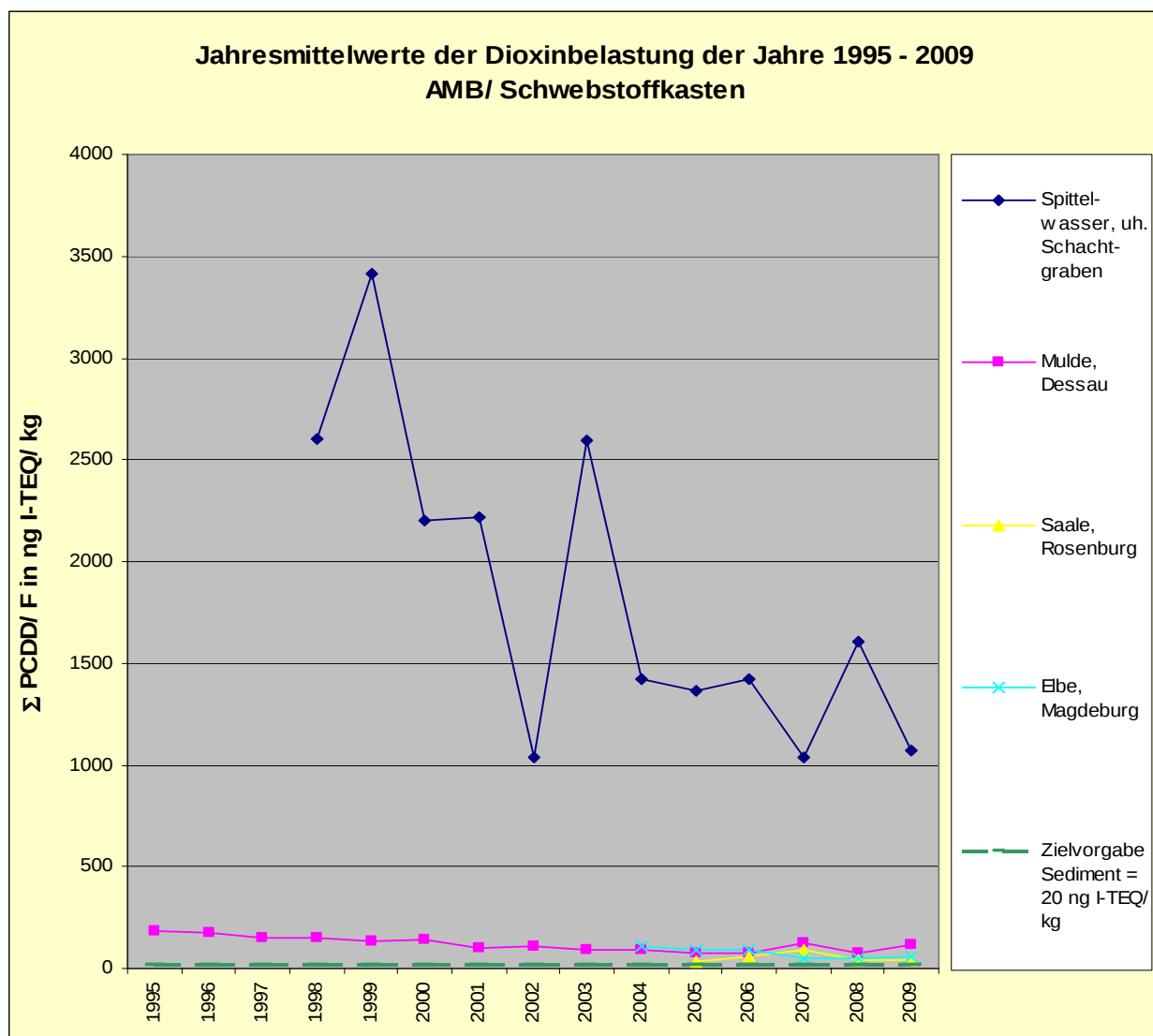


Abbildung 16: Jahresmittelwerte PCDD/F - AMB/Schwebstoffkasten 1995 - 2009

Anhand der Abbildung 16 ist zu erkennen, dass **alle** ermittelten Dioxingehalte der **Monatsmischproben über** der **Zielvorgabe** für Sediment lagen.

5.4.3.2 Dioxinuntersuchungen im Schwebstoff der Zentrifugen (Einzelproben)

Neben der Gewinnung von Monatsmischproben (siehe Kapitel 5.4.3.1) werden in Sachsen-Anhalt auch Schwebstoffuntersuchungen mittels Schwebstoffzentrifuge vorgenommen.

Die mittels Schwebstoffzentrifuge über ca. 4-8 Stunden (je nach Schwebstoffanteil) gewonnenen Schwebstoffproben sind Einzelproben und stellen Momentaufnahmen dar.

Im Zeitraum der Jahre 2005 bis 2009 wurde in 11 Gewässern und an 25 Standorten (Abbildung 15) die Belastung der Schwebstoffe mit Dioxinen untersucht. Die Elbe, die Saale mit ihren Zuflüssen Weiße Elster und Bode sowie die Mulde mit ihren Zuflüssen Leine und Spittelwasser wiesen zur Feststellung vermuteter bzw. zur Eingrenzung bekannter Belastungsquellen jeweils die größte Messstellendichte auf.

In der Tabelle 15 (siehe nächste Seite) sind die Jahresmittelwerte (JMW) der Dioxingehalte der Zentrifugenmessstellen der Jahre 2005 bis 2009 mit der zugrunde liegenden Anzahl der Einzelproben (*) des betreffenden Jahres aufgeführt.

Bewertung der Messstellen in Fließfolge

Im Bereich der **Elbe/ Wittenberg** gab es im Jahr 2006 nur zwei Untersuchungen (*hier wurde zu Orientierungs- bzw. Vergleichszwecken ebenfalls der Mittelwert gebildet, obwohl der Mittelwert in der Regel erst ab 3 Messwerten berechnet wird – siehe Punkt 5.1.2*) und im Jahr 2008 4 Beprobungen. Beide Mittelwerte lagen unter der Zielvorgabe von 20,0 ng I-TEQ/ kg.

Die im Fließverlauf folgende **Elbe**-Messstelle ist Roßlau. Hier wurden im Jahr 2006 rechtsseitig 4 Zentrifugenproben auf ihre Dioxingehalte im Schwebstoff untersucht. Im Jahresmittel wurde ein Dioxingehalt von 24,3 ng I-TEQ/ kg ermittelt.

Unterhalb Roßlau fließt die **Mulde** der Elbe zu. Die Dioxingehalte der Mulde stehen in einem engen Zusammenhang mit der Belastung durch die Zuflüsse **Leine** und **Spittelwasser/ Schachtgraben**. In welcher Größenordnung sich deren Einfluss auswirkt, ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

Während in der **Mulde** am Abfluss des Stausees noch eine moderate Belastung vorlag, waren die Dioxingehalte der Jahresmittelwerte an der Messstelle Dessau nach der Einmündung der Zuflüsse deutlich angestiegen.

An der Messstelle **Elbe/ Breitenhagen**, links, unterhalb der Einmündung der Mulde, wurden in den Jahren 2008 und 2009 JMW von 54,6 bzw. 44,9 ng I-TEQ/ kg nachgewiesen. Zum Vergleich → an der oberhalb gelegenen Elbe-Messstelle in Roßlau wurde ein JMW von 24,3 ng I-TEQ/ kg ermittelt.

Tabelle 15: Jahresmittelwerte PCDD/F Zentrifugenproben 2005-2009

Gewässer	Messstellen-Name	JMW Σ PCDD/F in ng I-TEQ/ kg (*) (Zielvorgabe 20,0 ng I-TEQ/ kg)				
		2005	2006	2007	2008	2009
Elbe	Wittenberg		8,77 (2)		14,8 (4)	
Elbe	Roßlau, rechts; unterhalb Rossel		24,3 (4)			
Mulde	Ablauf Stausee		12,7 (4)		11,3 (4)	
Leine (Mulde)	oberhalb Mündung in Mulde		103 (3)	236 (4)	209 (3)	
Schachtgraben	Jeßnitz		744 (2)			
Spittelwasser	unterhalb Schachtgraben; oberhalb Mündung Libehnaer Mulde		741 (6)		725 (2)	
Mulde	Jeßnitz		20,4 (5)	36,5 (4)		
Mulde	Dessau		55,1 (6)		62,7 (4)	
Elbe	Breitenhagen				54,6 (4)	44,9 (4)
Saale	Bad Kösen					10,5 (4)
Unstrut	Freyburg					25,5 (4)
Luppe	Lössen	28,3 (4)				
Saale	Planena				6,84 (4)	
Weißer Elster	Wetterzeube, am Mühlengraben					21,1 (3)
Weißer Elster	Ostrau					21,5 (4)
Weißer Elster	Oberthau					49,3 (4)
Weißer Elster	Halle-Ammendorf/ Burg				23,0 (4)	31,7 (4)
Saale	Halle-Trotha				11,9 (4)	31,6 (4)
Saale	Nienburg					23,2 (4)
Bode	Neugattersleben			69,0 (4)	82,2 (4)	120 (4)
Saale	Rosenburg		19,3 (5)		38,0 (4)	
Elbe	Magdeburg, links - Petriförder		29,5 (5)		29,8 (3)	34,3 (4)
Elbe	Magdeburg, rechts - Sternbrücke		28,6 (5)		28,2 (4)	
Elbe	Zweigkanal/Hafenbecken II	704 (3)				
Aland	Brücke Scharpenhufe-Wahrenberg					32,7 (4)

(*) - Anzahl der Einzelproben

Zwischen den Messstellen Breitenhagen und Magdeburg fließt der Elbe die **Saale** zu. Diese war im Jahr 2009 an der Messstelle Bad Kösen und Planena (2008) noch relativ gering be-

lastet, obwohl der Saale zwischen diesen Messstellen die Nebengewässer **Unstrut** und **Luppe** zufließen, deren Dioxingehalte in den untersuchten Jahren jeweils leicht erhöht waren, aber keine merklichen Auswirkungen auf die Saale hatten.

Oberhalb der nachfolgenden Zentrifugen-Messstelle Saale/ Halle-Trotha mündet die **Weißer Elster** in die Saale. Im Gewässerverlauf der Weißen Elster wurden 4 Zentrifugen-Messstellen vorgesehen. An den Messstellen Wetterzeube und Ostrau wurden im Jahr 2009 Mittelwerte von 21,1 bzw. 21,5 ng I-TEQ/ kg ermittelt. Nachdem die Weiße Elster unterhalb Ostrau das sächsische Industriegebiet um Leipzig durchfließt, befindet sich die nächste Messstelle auf dem Gebiet Sachsen-Anhalts in Oberthau. Hier wurde im Jahr 2009 mit 49,3 ng I-TEQ/ kg ein Anstieg der Belastung nachgewiesen. An der nachfolgenden Messstelle Halle-Ammendorf, kurz vor der Mündung in die Saale, wurden in den Jahren 2008 und 2009 bei jeweils 4 Untersuchungen im Jahresmittel Dioxinwerte von 23,0 bzw. 31,7 ng I-TEQ/ kg analysiert.

An der Messstelle Saale/ Halle-Trotha war nur im Jahr 2009 ein erhöhter Wert (31,8 ng I-TEQ/ kg) zu verzeichnen. Dabei war dieser Mittelwert dem Gehalt an der Messstelle Halle-Ammendorf der Weißen Elster im entsprechenden Jahr nahezu identisch.

Die nächste Saale-Messstelle ist Nienburg. Auf der Fließstrecke zwischen Halle-Trotha und Nienburg münden einige potenziell belastungsrelevante Zuflüsse wie zum Beispiel die Salza, die Schlenze, die Wipper und die Fuhne in die Saale, die allerdings im Berichtszeitraum nicht untersucht wurden. Der in Nienburg ermittelte Jahresmittelwert der Dioxingehalte für 2009 lag bei 23,2 ng I-TEQ/ kg.

Unterhalb Nienburg fließt der Saale die **Bode** zu. Die schwebstoffbürtigen Sedimente der Bode wurden an der Messstelle Neugattersleben in den Jahren 2007, 2008 und 2009 auf ihren Dioxingehalt untersucht. Die aktuellen Daten ließen eine stetig steigende Tendenz der Belastung (69,0; 82,2 bzw. 120 ng I-TEQ/ kg) erkennen, die auf historische Produktionsstandorte zurückgeführt werden.

Die **Saale**-Messstelle unterhalb der Einmündung der Bode ist Rosenburg. Hier fanden in den Jahren 2006 und 2008 auch Zentrifugenuntersuchungen statt, wobei der Dioxinwert des Jahres 2008 mit 38,0 ng I-TEQ/ kg auffällig war.

Vergleicht man die Dioxingehalte der Saale des Jahres 2008, so ist eine Konzentrationserhöhung mit dem Flussverlauf (Planena 6,84 → Halle-Trotha 11,9 → Rosenberg 38,0 ng I-TEQ/ kg) erkennbar.

Unterhalb Rosenberg fließt die Saale der **Elbe** zu. Die nachfolgenden Probennahmestellen sind Magdeburg, Sternbrücke rechts und Magdeburg, Petriförder links, die zur Erstellung eines Gewässerquerprofils zum Teil parallel untersucht wurden. Diese Messstellen wurden 2006 und 2008 bzw. 2006, 2008 und 2009 beprobt. Die Dioxingehalte lagen rechtseibisch geringfügig unter den linkeibischen Werten. Im Vergleich zur oberhalb gelegenen Messstelle Elbe/ Brei-

tenhagen war die Dioxinbelastung am Profil Magdeburg, unterhalb der Einmündung der Saale, leicht rückläufig.

Eine gesonderte Position nehmen die im Jahr 2005 durchgeführten Untersuchungen im Gebiet Elbe/ Zweigkanal-Hafenbecken II ein. Der dort nachgewiesene Jahresmittelwert der Dioxine von 704 ng I-TEQ/ kg (3 Messungen) ist sehr hoch und steht möglicherweise im Zusammenhang mit früheren metallurgischen Prozessen auf dem Gelände der ehemaligen Großgaserei in Magdeburg-Rothensee.

Das Hafenbeckensystem hat einen standgewässerähnlichen Charakter und keine direkte Anbindung zur fließenden Elbe. Es wird daher für diese Auswertung nicht weiter betrachtet.

In den Jahren 2005 bis 2009 wurde die **Elbe** von unterhalb Magdeburg bis zur Landesgrenze zu Niedersachsen an keiner weiteren Stelle beprobt.

Lediglich der **Aland**, welcher der Elbe linksseitig kurz vor der Landesgrenze zufließt, wurde im Jahr 2009 untersucht. Der Jahresdurchschnittswert lag bei 32,7 ng I-TEQ/ kg.

Die Abbildung 17 zeigt die im Berichtszeitraum nachgewiesenen Dioxingehalte der Zentrifugenmessstellen entsprechend des Gewässerverlaufs in Sachsen-Anhalt.

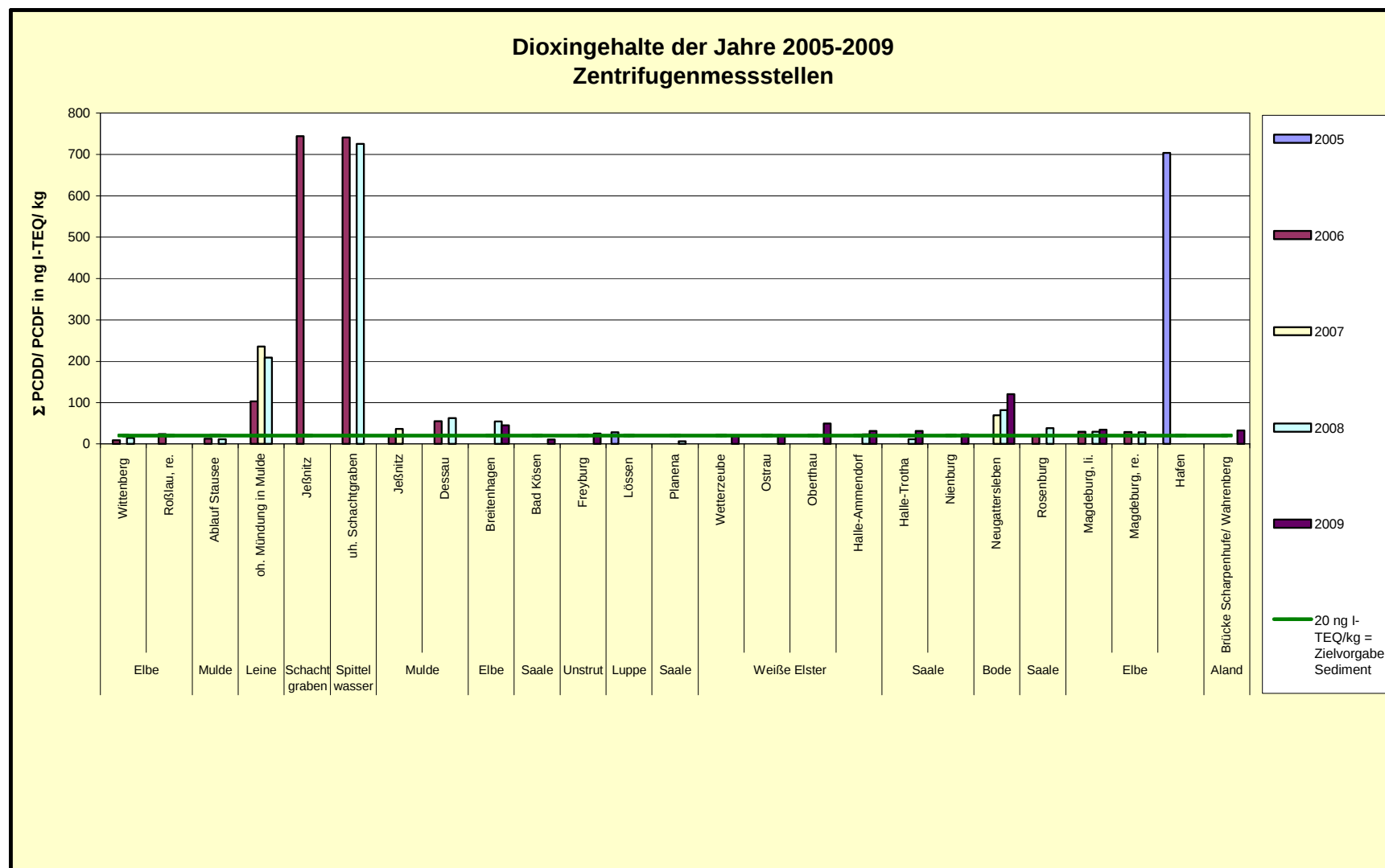


Abbildung 17: Dioxingehalte – Zentrifugennmessstellen 2005 – 2009

5.4.4 Zusammenfassung

Die erhobenen Daten belegen die zum Teil erhöhte Dioxinbelastung einiger Gewässer im Elbeeinzugsgebiet.

Sie belegen ferner, dass noch immer Dioxin-Einträge über die Mulde und die Saale in die **Elbe** gelangen.

In welchem Umfang diese für den Zustand der Elbe tatsächlich relevant sind, ist Gegenstand aktuell laufender Untersuchungen.

- Als Ursache für die Belastung der **Saale** kommen möglicherweise frühere Industriestandorte im Einzugsgebiet der Bode in Frage.
- Die Einträge über die **Mulde** stammen ursprünglich aus Produktionsstätten in Bitterfeld, die bereits vor mehr als sechzig Jahren stillgelegt wurden. Von dort gelangten sie über das Spittelwasser in die Mulde und wurden nachfolgend der Elbe zugeführt.

Seit 2005 erfolgt zusätzlich zur Gewinnung von Monatsmischproben aus Sedimentationsbecken/-kisten eine Probennahme mittels einer mobilen Schwebstoffzentrifuge. Die Datenlage zur Bewertung der Dioxinbelastung im Schwebstoff bzw. im schwebstoffbürtigen Sediment der Gewässer Sachsen-Anhalts hat sich dadurch im Zeitraum 2005 - 2009 wesentlich verbessert. Obwohl die Messergebnisse beider Entnahmetechniken nicht unmittelbar vergleichbar sind, geben sie ein umfassendes Gesamtbild über die Belastungsverhältnisse in Sachsen-Anhalt und ermöglichen eine Identifizierung von Belastungsschwerpunkten.

Auch in den kommenden Jahren sind weitere Untersuchungen im Schwebstoff, schwebstoffbürtigen Sediment und ggf. auch im Sediment geplant, um vorhandene Schadstoffsinken und die jeweiligen Dioxingehalte zu ermitteln und deren Belastungsentwicklung zu dokumentieren sowie die Bewertungsgrundlage für die Einschätzung der Ursachen der Dioxinbelastung der Schwebstoffe, schwebstoffbürtigen Sedimente und ggf. Sedimente in Sachsen-Anhalt zu verbessern.

5.5 Untersuchungen von Boden

Untersuchungen des Bodens auf Dioxine erfolgen im Rahmen der Bodenbeobachtung und dienen dem vor- und dem nachsorgenden Bodenschutz. Die Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Landes betreffen die Vorsorge. Anlassbezogene Untersuchungen dienen der Gefährdungsabschätzung für Bodennutzungen, z. B. in Flussauen, und der Aufklärung möglicher Kontaminationsquellen. Häufige Überschwemmungen sorgen immer wieder für einen Transport und damit die Verbreitung möglicher Schadstoffe in den Überschwemmungsgebieten.

5.5.1 Boden-Dauerbeobachtung

Eine Boden-Dauerbeobachtungsfläche (BDF) ist ein boden-, landschafts- und nutzungsrepräsentativ ausgewählter, wieder auffindbarer und zum Zweck der langfristigen Beobachtung angelegter Ausschnitt des Bodens, der entsprechend festgelegter Untersuchungsprogramme zyklisch auf Veränderungen der Bodenbeschaffenheit überprüft wird. Die überwiegende Zahl der BDF in Sachsen-Anhalt ist 50 x 50 m groß, schränkt die Nutzung der Fläche, in der sie liegt, nicht ein (z. B. Ackerland) und wird in regelmäßigen Abständen einer Wiederholungsuntersuchung unterzogen.

Für bundeseinheitliche Auswertungen steht seit dem Jahre 1991 eine erste "Konzeption zur Einrichtung und zum Betrieb von Bodendauerbeobachtungsflächen" und seit dem Jahr 2000 der Bericht „Bodendauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Bodendauerbeobachtungsflächen“ /23/ zur Verfügung. Die Ziele der Boden-Dauerbeobachtung sind

- die Beschreibung des aktuellen Zustandes der Böden,
- die langfristige Überwachung der Veränderungen der Böden und
- die Ableitung von Prognosen der zukünftigen Entwicklung.

BDF sind damit Basis für ein integriertes Umwelt-Monitoring.

Im Bericht „Bodendauerbeobachtung, Einrichtung und Betrieb von Bodendauerbeobachtungsflächen“ /23/ sind Dioxine und dioxinähnliche PCB als „Ergänzend empfohlene Untersuchungsparameter“ charakterisiert, d. h. die Untersuchung ist für die Länder nicht obligatorisch, sondern deren Untersuchung liegt im eigenen Ermessen der Länder. Es wird für Wiederholungsuntersuchungen ein Intervall von mehr als 5 Jahren bzw. ereignisbedingt empfohlen. Bisher führte Sachsen-Anhalt diese Untersuchung einmal auf allen 69 BDF des Landes durch.

5.5.2 Bodenbeobachtung in Überschwemmungsgebieten

Über die direkten Schäden von Hochwasserereignissen hinaus gibt es auch indirekte Schäden, die durch den Transport und die Verbreitung von Schadstoffen in den Überschwemmungsgebieten entstehen. So können Schadstoffe aus unterschiedlichsten Altlasten freigesetzt werden, schadstoffbelastete Sedimente in den Flüssen remobilisiert und damit die Böden in den Flussauen beeinflusst werden. Die Nutzung der Flussauen steht durch diese Vorgänge zwar nicht

grundsätzlich in Frage, unter Umständen ist aber zu prüfen, ob die aktuellen oder beabsichtigten Nutzungen beeinträchtigt werden.

Unter anderem haben die Untersuchungen entlang der Elbe im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis 2002 ergeben /24/, dass sowohl Schwebstoffe als auch abgelagerte Sedimente bis nach Hamburg Dioxine enthalten und deren Konzentration in und unterhalb der Muldemündung sich gegenüber der Situation vor dem Hochwasser nicht gravierend verändert hatte. In Sachsen-Anhalt werden Untersuchungen in den Flussauen seit 1993 durchgeführt.

Der Fokus lag dabei im Bereich um Bitterfeld, Spittelwasser- und Muldeaue, in den Mündungsbereichen von Saale und Bode und seit dem Auguthochwasser von 2002 auch in der Elbauenlandschaft Sachsen-Anhalts (Tabelle 16).

5.5.3 Wertevorgaben

Die Wertevorgaben richten sich grundsätzlich nach der BBodSchV. Allerdings werden bei landwirtschaftlicher und gärtnerischer Bodennutzung die Richtwerte und Handlungsempfehlungen der AG DIOXINE, siehe 3.3, zur Beurteilung von Untersuchungsergebnissen herangezogen.

5.5.4 Probennahme - Boden

Vor der Entnahme der Bodenproben werden die Beprobungsstellen festgelegt. Außer im Falle der BDF, die landesweit festgelegt sind, erfolgt die Beprobung in den meisten Fällen anlassbezogen. Nach Inaugenscheinnahme des in Frage kommenden Geländes wird eine konkrete Fläche von ca. 100 m² durch Entnahme von ca. 15 Einzeleinstichen eine Mischprobe erzeugt /25/, /26/. Die Beprobungstiefe ist in der Regel nutzungsorientiert und richtet sich nach den Vorgaben der BBodSchV, insbesondere Anhang 1, Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung.

Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze beträgt die Beprobungstiefe bei Nutzung Ackerbau in der Regel 0-30 cm. Das entspricht dem Bearbeitungshorizont. Im Falle der Nutzung als Grünland beträgt die Beprobungstiefe in der Regel 0-10 cm entsprechend dem Hauptwurzelbereich. Ist feststellbar, dass in den Überschwemmungsgebieten Fluss-Sedimente abgelagert wurden, können diese als gesonderte Schicht beprobt werden, um die aktuell remobilisierten und abgelagerten Schadstoffgehalte in den Fluss-Sedimenten zu bestimmen. Die Beprobungstiefe richtet sich in diesem Falle nach den erkennbar aktuell abgelagerten Schichten.

Da die Richtwerte für Boden (siehe 3.3) empfehlenden Charakter haben, kann ein Vergleich mit den Maßnahmenwerten der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch sinnvoll sein. Auch für diesen Wirkungspfad sind die Beprobungstiefen in der Regel 0-10 cm, wegen des Kontaktbereiches für die orale und dermale Schadstoffaufnahme.

5.5.5 Ergebnisse

5.5.5.1 Ausgangssituation

Die höchsten PCDD/F-Konzentrationen wurden seit dem Beginn der 90er Jahre in der Region Bitterfeld festgestellt, wo über das Spittelwasser und andere kleine Wasserläufe seit ca. 100 Jahren die industriellen Abwässer der Chemieregion in die Mulde und schließlich in die Elbe abfließen. Bei Hochwasserereignissen wurden diese Schadstoffe auch in die Flussniederungen eingetragen. Einen Überblick zu Dioxin-Messprogrammen im Bitterfelder Raum, der Mulde- und der Elbeauen liefert Tabelle 16.

Die Maßnahmenwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch und die Nutzung Park- und Freizeitanlagen werden im Gebiet des Spittelwassers überschritten. Anhand der Kongenerenverteilung kann ein Dioxintransport in die Elbe nachgewiesen werden /27/.

Unterschiedliche Literaturquellen verweisen darauf, dass die Dioxinbelastung der Region Bitterfeld, die auch die Elbe beeinflusst, ihre Ursache nicht, wie bisher vermutet, in der Chlorchemie, sondern in der Metallverarbeitung (Magnesiumherstellung) hat /28/, /29/.

Die Abbildung 18 zeigt die Lage der 69 BDF im Land, die im Rahmen des Bodenbeobachtungssystems nach § 10 BodSchAG LSA eingerichtet und betreut werden.

Tabelle 16: Überblick zu PCDD/F-Messprogrammen

Jahr	Untersuchung	Matrix
1993	Modellhafte Machbarkeitsstudie zur Sedimentsanierung des Spittelwassers im Landkreis Bitterfeld /30/	Fluss-Sediment, Boden
1994	Endbericht über die Untersuchung halogenorganischer Schadstoffe in der Muldeau, ITU GmbH für die ARGE Sanierung Muldeau im Auftrag des Landkreises Bitterfeld /31/	Boden, Fluss-Sediment, Fluss-Schwebstoff, Pflanzen, Lebensmittel, luftgetragene Stäube
1996	Dioxinbericht des Landes Sachsen-Anhalt, Landesamt für Umweltschutz /1/	Boden, Fluss-Sediment, Lebensmittel, luftgetragene Stäube
2000	Aktuelle Bewertung der Gefahrensituation Spittelwasser II, Staatliches Amt für Umweltschutz Dessau/Wittenberg /32/	Boden, Fluss-Sediment, Fluss-Schwebstoff
2001	Forschungsvorhaben "Einschätzung des Potentials anaerober Bakterien zur reduktiven Dechlorierung von Dioxinen und ihr Beitrag zur langfristigen Senkung der Dioxinbelastung im Spittelwasser (Landkreis Bitterfeld)" /29/	Fluss-Sediment
2003	Das Hochwasser von Elbe und Mulde im August 2002 im Land Sachsen-Anhalt – Auswirkungen auf die stoffliche Belastung des Wassers, der Schwebstoffe, der Sedimente und des Bodens /27/	Boden, Fluss-Sediment
seit 1996	Sondermessprogramm Spittelwasser (Bestandteil des Gewässerüberwachungssystems Sachsen-Anhalt, GÜSA) /33/	Schwebstoff, Tiefenprofil
seit 2001	Untersuchung auf PCDD/F und PCB auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Landes Sachsen-Anhalt /34/	Bodenproben, Tiefe je nach Nutzungsart
2005	Dioxinbelastung der Elbe- und Muldeniederungen - Bericht 2004 /35/ (Zusammenstellung von Ergebnissen)	Boden, Schwebstoff, Sediment, Futtermittel, Lebensmittel

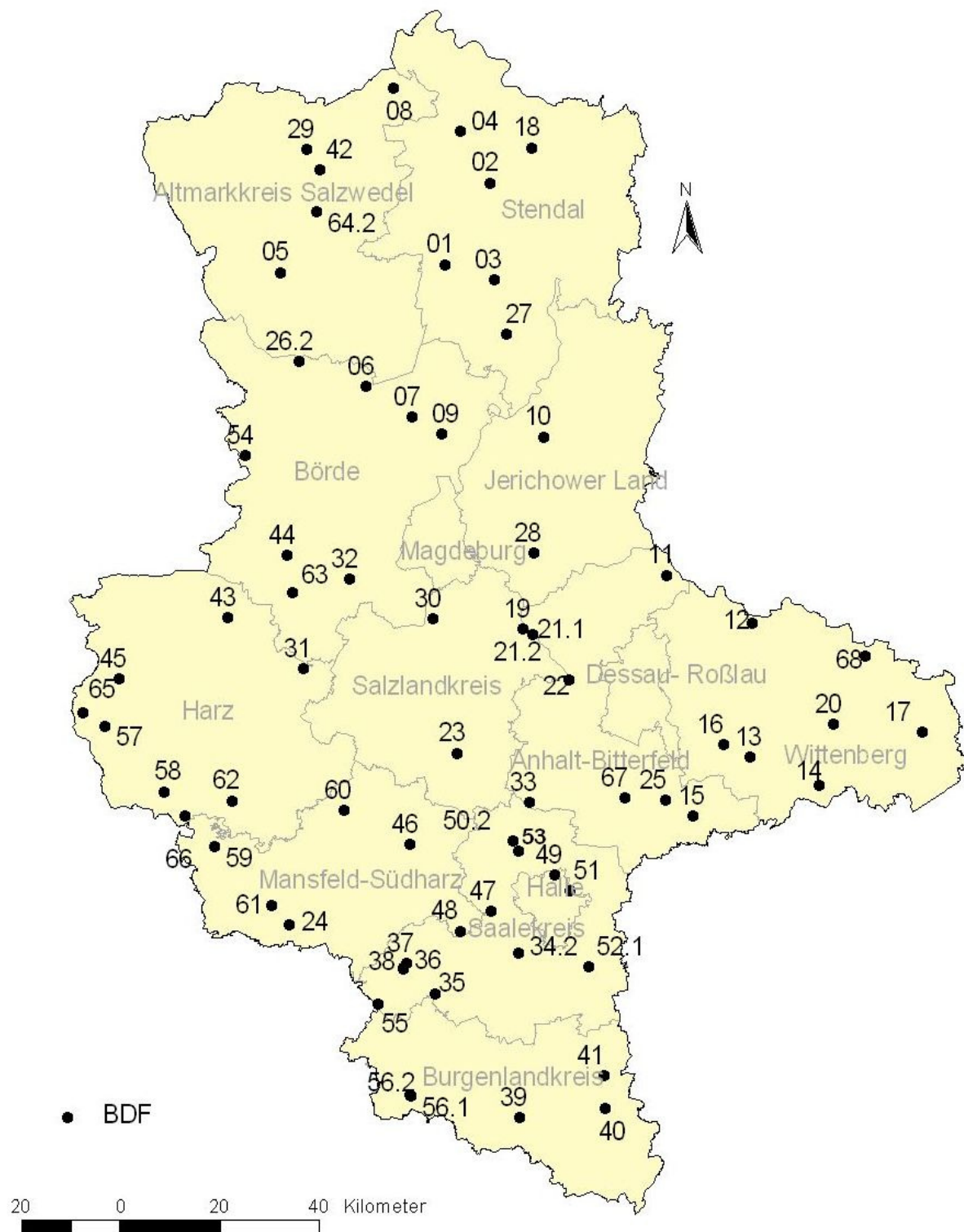


Abbildung 18 Übersicht der Beprobungsstellen BDF Sachsen-Anhalt

5.5.5.2 Bodendauerbeobachtungsflächen - BDF

In Tabelle 17 sind die Ergebnisse der PCDD/F-Untersuchungen und die entsprechenden Nutzungen dargestellt.

Tabelle 17: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen - BDF

PN-Stelle	Bezeichnung	PN-Jahr	Nutzung*)	PN-Tiefe (cm)	PCDD/F in ng I-TEQ (NATO/CCMS)/kg TS
BDF 01	Querstedt	2001	AL	0-30	1,02
BDF 02	Erxleben	2001	AL	0-30	0,34
BDF 03	Gohre	2004	GL	0-10	0,86
BDF 04	Krevese	2001	AL	0-30	1,12
BDF 05	Klötze	2003	Fo	0-10	4,20
BDF 06	Born	2001	Fo	0-3	16,0
BDF 07	Colbitz	2001	Fo	0-3	1,16
BDF 08	Arendsee	2004	Fo	0-3	2,58
BDF 09	Zielitz	2001	Fo	0-3	1,20
BDF 10	Reesen	2001	GL	0-10	1,90
BDF 11	Nedlitz	2003	Fo	0-3	7,19
BDF 12	Senst	2001	AL	0-30	0,13
BDF 13	Ochsenkopf	2001	Fo	0-3	8,99
BDF 14	Bad Schmiedeberg	2001	GL	0-10	4,82
BDF 15	Goitzsche	2001	Fo	0-10	3,21
BDF 16	Golpa-Nord	2002	Fo	0-3	2,01
BDF 17	Klossa	2002	AL	0-20	0,20
BDF 18	Iden	2001	GL	0-10	1,44
BDF 19	Barby	2003	GL	0-10	432
BDF 20	Wartenburg	2002	GL	0-10	14,6
BDF 21.1	Biberwerder 1	2002	Fo	0-10	821
BDF 21.2	Biberwerder 2	2003	Fo	0-10	286
BDF 22	Steckby	2002	Fo	0-10	26,1
BDF 23	Plötzkau	2002	AL	0-30	3,64
BDF 24	Brücken	2006	AL	0-15	0,21
BDF 25	Salegaster Aue	2002	Fo	5-10	75,7
BDF 26.2	Mannhausen	2003	GL	0-10	4,20
BDF 27	Tangerhütte	2004	Fo	0-10	0,16
BDF 28	Ladeburg	2004	AL	0-30	2,17
BDF 29	Mahlsdorf	2004	GL	0-10	0,37
BDF 30	Biere	2002	AL	0-20	1,51
BDF 31	Rodersdorf	2004	AL	0-30	2,18
BDF 32	Klein Wanzleben	2002	AL	0-30	0,41
BDF 33	Cattau	2003	AL	0-30	1,95
BDF 34.2	Bad Lauchstädt	2003	AL	0-30	4,72
BDF 35	Barnstädt	2002	AL	0-20	1,20
BDF 36	Leimbach	2006	AL	0-20	2,22
BDF 37	Querfurt	2006	AL	0-20	3,58
BDF 38	Lodersleben	2003	AL	0-30	2,90
BDF 39	Scheiplitz	2003	AL	0-30	4,16
BDF 40	Pirkau	2002	AL	0-30	0,57

Fortsetzung Tabelle 17

PN-Stelle	Bezeichnung	PN-Jahr	Nutzung*)	PN-Tiefe (cm)	PCDD/F in ng I-TEQ (NATO/CCMS)/kg TS
BDF 41	Profen	2002	AL	0-30	1,81
BDF 42	Jeggeleben	2005	AL	0-30	0,16
BDF 43	Eilenstedt	2003	AL	0-30	2,47
BDF 44	Hohes Holz	2004	Fo	0-5	12,5
BDF 45	Drübeck	2003	AL	0-10	78,5
BDF 46	Polleben	2003	AL	0-30	5,86
BDF 47	Teutschenthal	2002	AL	0-25	13,4
BDF 48	Amsdorf	2002	AL	0-5	2,70
BDF 49	Seeben	2003	AL	0-25	13,5
BDF 50.2	Lettewitz 2	2003	AL	0-25	1,84
BDF 51	Zöberitz	2003	AL	0-5	1,38
BDF 52.1	Merseburg-Ost	2003	AL	0-20	2,46
BDF 53	Gimritz	2003	AL	0-3	8,94
BDF 54	Schwanefeld	2005	AL	0-30	0,14
BDF 55	Ziegelroda	2006	Fo	0-10	4,14
BDF 56.1	Frankroda 1	2002	Fo	0-3	5,31
BDF 56.2	Frankroda 2	2003	Fo	0-5	1,67
BDF 57	Schierke	2002	Fo	0-3	21,3
BDF 58	Hasselfelde	2002	Fo	0-3	15,9
BDF 59	Auerberg	2002	Fo	0-3	11,8
BDF 60	Friedrichrode	2002	Fo	0-3	23,6
BDF 61	Kleinleinungen	2004	GL	0-10	2,44
BDF 62	Siptenfelde	2003	AL	0-30	1,73
BDF 63	Oschersleben	2005	AL	0-30	1,53
BDF 64.2	Kakerbeck	2005	GL	0-10	0,12
BDF 65	Brocken	2003	Fo	0-10	31,8
BDF 66	Güntersberge	2006	Fo	0-3	20,8
BDF 67	Löberitz	2005	AL	0-30	2,44

*) AL: Ackerland; GL: Grünland; Fo: Forst

Von insgesamt 69 Untersuchungsergebnissen für Dioxine auf BDF sind 47, d. h. 68 % ohne Befund. Für 17 Untersuchungsergebnisse wurde der Bereich 5 bis 40 ng I-TEQ/kg m_T ermittelt, das sind 25 % aller Ergebnisse. Bei der Nutzung der Flächen handelt es sich um forstliche Nutzung in 12 Fällen, Ackerbau auf 4 Flächen sowie eine Grünlandnutzung. Für die forstliche Nutzung gibt es keine Einschränkungen. Bei landwirtschaftlicher Nutzung wird empfohlen, entsprechende Pfadbetrachtungen durchzuführen, um festzustellen, ob ein Transfer in die Nahrungskette ausgeschlossen werden kann. Zwei BDF (3 % der Flächen) werden dem Bereich 40-100 ng I-TEQ/kg m_T zugeordnet. Die Salegaster Aue mit forstlicher Nutzung grenzt unmittelbar an das Überschwemmungsgebiet der Elbe an, wo erhöhte Dioxinkonzentrationen gefunden werden. Die Dioxinkonzentration auf der BDF 45, bei Drübeck und in der Nähe von Ilsenburg gelegen, verwundert in dieser Größenordnung nicht, da hier durch die Altlastensituation, wie in Kapitel 6.3 beschrieben, in der Vergangenheit dioxinbelastete Stäube in die Umwelt gelangten.

Auf 3 BDF wurde ein Dioxingehalt festgestellt, der größer als 100 ng I-TEQ/kg m_T ist. Auch diese Flächen liegen wie die Salegaster Aue im Überschwemmungsgebiet der Elbe mit den bekannten höheren Schadstoffkonzentrationen.

5.5.5.3 Überschwemmungsgebiete

Im Land Sachsen-Anhalt wurde im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis im August 2002 ein Sondermessprogramm zur Schadstoffbelastung in Hochwassersedimenten für die überschwemmten bzw. überfluteten Gebiete durchgeführt /27/. Analysiert wurden Schwermetalle, Arsen und ausgewählte organische Schadstoffe, wie β -HCH, PCB, Benzo-a-Pyren, DDT und Dioxine. Es wurden Flächen beprobt, für die bereits aus Untersuchungen vor dem Hochwasserereignis Messergebnisse vorlagen. Die Ergebnisse zeigten, dass durch das Hochwasser im August 2002 im Allgemeinen keine Verschlechterung der stofflichen Bodenbelastung in den Überschwemmungsgebieten der Elbe und der Mulde eingetreten ist. Im Wesentlichen unterscheidet sich die Schadstoffbelastung vor und nach dem Hochwasser nicht.

Dioxinuntersuchungen wurden nach dem Hochwasserereignis nur an ausgewählten Beprobungsstellen durchgeführt. Es wurde Wert darauf gelegt, dass Ergebnisse aus früheren Untersuchungen vorlagen. Die höchsten Dioxinkonzentrationen im Zusammenhang mit dem Hochwasser wurden an den BDF Biberwerder und Barby gefunden. Die Konzentrationen erreichen nahezu den Maßnahmenwert der BBodSchV von 1.000 ng/kg I-TEQ für den Wirkungspfad Boden - Mensch und die Nutzung Wohngebiete bzw. Park- und Freizeitanlagen.

In den Jahren nach dem Hochwasser von 2002 wurden anlassbezogen weitere Untersuchungen im Überschwemmungsgebiet der Elbe, in der Muldeaue und an der Bode, kurz vor deren Einmündung in die Saale durchgeführt. Zusätzlich zu den durch das Landesamt für Umweltschutz beprobten Flächen wurden die Probennahmestellen des BMBF-Ad-hoc-Projekts „Schadstoffuntersuchungen nach dem Elbe-Hochwasser 2002 - Ermittlung der Gefährdungspotenziale an Elbe und Mulde“ /24/ und die Untersuchungsergebnisse des Spittelwassers aus dem Jahr 2003 /33/ in die Ergebnisdarstellung der Tabelle 18 übernommen - ebenso ein ehemaliger Industriestandort der Chlorchemie am Standort Bitterfeld.

Die Abbildung 19 zeigt eine Übersicht der Dioxin-Probennahmestellen entlang von Elbe und Mulde in Sachsen-Anhalt. Die Elbe durchfließt das Land Sachsen-Anhalt auf einer Länge von ca. 300 km. Bei Fluss-km 170 tritt die Elbe in das Land Sachsen-Anhalt ein. Dessau liegt bei Fluss-km 260, Magdeburg bei 330, Tangermünde bei 390. Bei Fluss-km 470 verlässt die Elbe das Land Sachsen-Anhalt.

Dioxingehalte im Überschwemmungsgebiet der Elbe

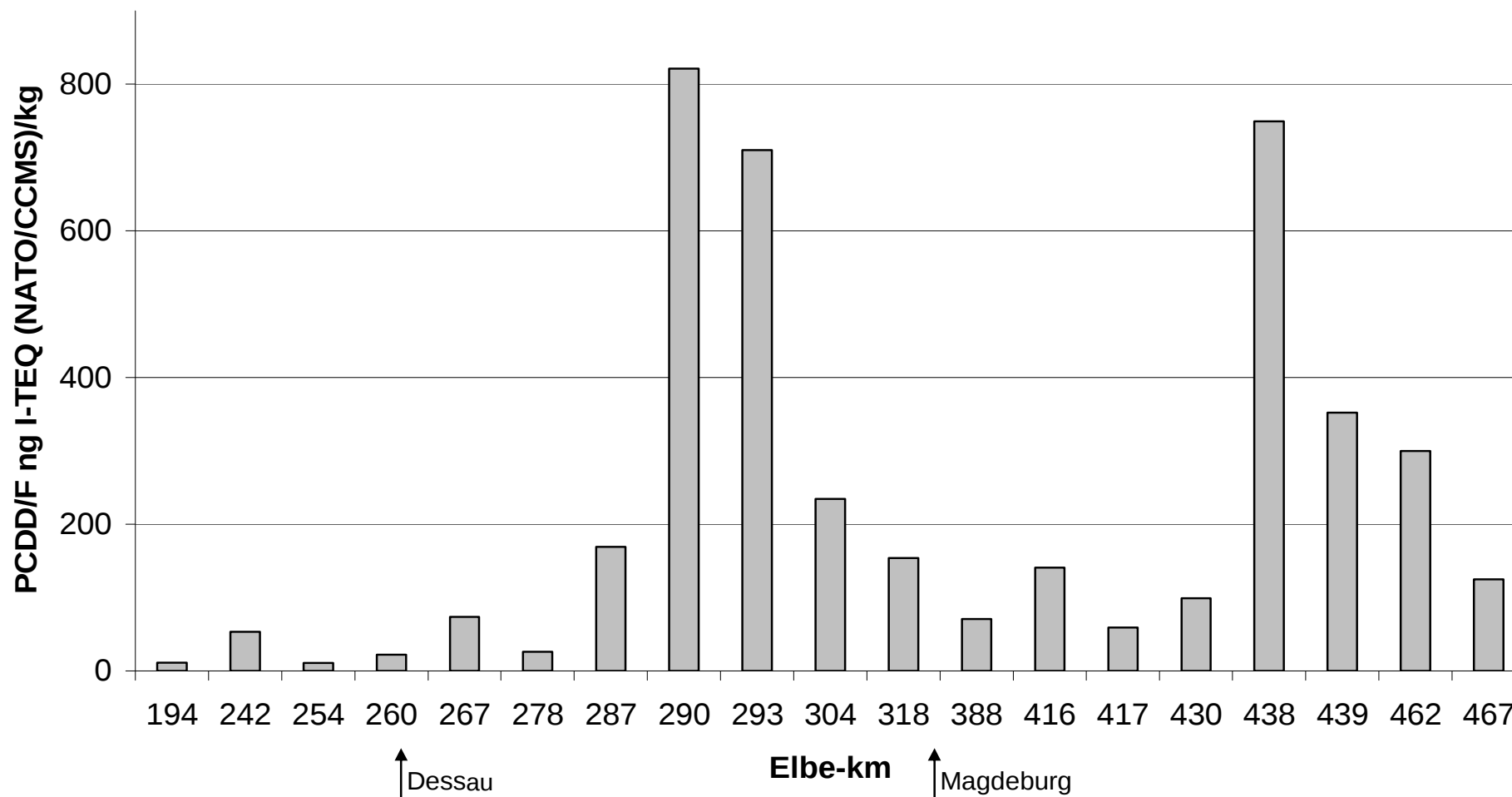


Abbildung 19: Dioxingehalte im Überschwemmungsgebiet der Elbe in Sachsen-Anhalt

Tabelle 18: Ergebnisse Bodenuntersuchungen in Überschwemmungsgebieten

PN-Stelle*, Bezeichnung	Elbe-km (Fluss)	PN-Jahr	Nutzung*	PN_Tiefe (cm)	PCDD/F in ng I-TEQ (NATO/CCMS)/kg TS
Schierau, B32	(Mulde)	2005	GL	0-10	213
Barby, 29a-19a	293	2002	GL	0-10	710
Biberwerder, 61a-21a, 21-02	290	2002	Fo	0-10	328
Biberwerder, 31202	290	2002	Fo	0-10	821
Breitenhagen, 0001B-21904	287	2004	Fo	0-10	169
EL22/MP1b	467	2002	Fo	0-10	125
Elbe 24	462	2004	Fo	0-10	300
Großkühnau, BZEII 15067		2007	Fo	0-5	15,1
Großkühnau, Elbe21	267	2007	GL	0-10	55,6
Großkühnau1		2007	GL	0-10	2,32
Großkühnau2		2007	GL	0-10	21,5
Großkühnau3		2007	GL	0-10	13,5
Großkühnau4		2007	GL	0-10	55,3
Großkühnau5		2008	GL	0-10	45
Großkühnau6		2008	GL	0-10	72
Großkühnau7		2008	Fo	0-10	44
Großkühnau8		2008	GL	0-10	74
Hohenexleben, ERX 5D	(Bode)	2006	GL	0-10	14,6
Hohenexleben, SLK4 B	(Bode)	2010	GL	0-10	236
Industriestandort SN 113/1, für Vergleichszwecke	(Bitterfeld, Industriestandort)	1991	Bra	0-20	5740
Mildensee, 64b, 010208178	(Mulde)	2002	Bra	1-10	685
Mildensee, Kleutsch10	(Mulde)	2008	GL	0-10	65
Mildensee, 64	(Mulde)	2002	Bra	1-10	685
Nitzow, Havel1	(Havel)	2005	GL	0-10	4,49
Ranies, RAN1	308	2006	GL	0-10	77,7
Ranies, RAN2	306	2006	GL	0-10	209
Ranies, RAN3	306	2006	GL	0-10	47,7
Ranies, RAN4a	305	2006	GL	0-2	164
Ranies, RAN5a	305	2006	GL	0-2	72,5
Ranies, RAN6	304	2006	GL	0-10	189
Ranies, RAN7	304	2006	GL	0-10	234
Salegaster Aue, 70702	(Mulde)	2002	Fo	5-10	75,7
Salegaster Aue, 70702	(Mulde)	2002	Fo	0-5	84,5
Sandau, Elbe28	416	2005	GL	0-10	141
Sandau, 0050B-22404	417	2004	GL	0-10	59,2
Schleusenheger Wiesen bei Wörlitz, FO-Wörlitz	242	2005	GL	0-10	53,6
Schönberg/Deich32	438	2004	GL	0-10	312

Fortsetzung Tabelle 18

PN-Stelle, Bezeichnung	Elbe-km (Fluss)	PN-Jahr	Nutzung*	PN_Tiefe (cm)	PCDD/F in ng I-TEQ (NATO/CCMS)/kg TS
Schönberg/Deich Elbe33a	439	2005	GL	0-10	1011
Schönberg/Deich, Elbe34b	439	2005	GL	0-10	352
Schönberg/Deich42	438	2004	GL	0-10	749
Staßfurt, SLK2 B	(Bode)	2010	GL	0-10	105
Staßfurt, SLK3 B	(Bode)	2010	GL	0-10	973
Steckby, 76a-F 22	278	2002	Fo	0-10	26,2
Tangermünde, 0050B-22304	388	2004	GL	0-10	70,8
Tiergarten, MuldeB93	(Mulde)	2008	Fo	0-10	18
Unterluch, EL_07	260	2008	GL	0-10	22
Unterluch, Großkühnau11		2008	GL	0-10	74
Waldersee, Elbe15	254	2008	GL	0-10	11
Waldersee, MuldeB4	(Mulde)	2008	GL	0-10	35
Waldersee, MuldeB6	(Mulde)	2008	GL	0-10	211
Wartenburg, 80a20a	194	2002	GL	0-10	11,5
Werben, Elbe29	430	2005	GL	0-10	99,2
Westerhüsen, 0020B-22104	318	2004	GL	0-10	154
Spittelwasser, TP1	(Spittel- wasser)	2003	Suk	0-10	6099
Spittelwasser, TP2	(Spittel- wasser)	2003	Suk	0-10	18307
Spittelwasser, TP3	(Spittel- wasser)	2003	Suk	0-10	79700
Spittelwasser, TP4	(Spittel- wasser)	2003	Suk	0-10	815

*) PN – Probennahme; Nutzung - GL: Grünland; Fo: Forst; Bra: Brache; Suk: Sukzession

Deutlich wird, dass die höchsten Dioxinkonzentrationen in den Uferrand-Sedimenten des Spittelwassers festgestellt werden (PN-Stellen TP 1 bis TP 4). Auf Grund der hohen Dioxin-Befunde im Überschwemmungsgebiet am Unterlauf der Bode ist auch hier von Eintragsquellen auszugehen. Die Höhe der Konzentration und das veränderte Kongenerenprofil der Dioxinbelastung der Saale nach dem Zufluss der Bode festigen die Annahme, dass die Eintragsquelle eine weitere Anlage zur Magnesiumerzeugung in Staßfurt war, die 1945 abgerissen wurde /28/, /29/. Insgesamt zeigt sich, dass die gemessenen Dioxinkonzentrationen an den Beprobungsstellen der Überschwemmungsgebiete deutlich höher sind als beispielsweise bei den BDF, die außerhalb der Überschwemmungsgebiete liegen.

Von den insgesamt 56 ausgewerteten Beprobungsflächen (ohne den Industriestandort Bitterfeld) liegen die Ergebnisse von nur zwei Flächen unterhalb von 5 ng I-TEQ/kg m_T.

Die Fläche Großkühnau¹¹ diene als Referenzfläche und liegt außerhalb des Überschwemmungsgebietes. Bei der Fläche Nitzow an der Havel erfolgte auf Grund von Deichverlegungsarbeiten Bodenaustausch, sodass auch für diese Fläche eine „Außenseiterstellung“ besteht.

Der erneute Anstieg der Konzentration nach Zufluss der Havel lässt sich bisher nicht mit Dioxin belasteten Sedimenttransporten in der Havel begründen. Die mit Dioxin belasteten Sedimente, wesentlich auch aus dem Bitterfelder Raum, die sich im Laufe der fast 100 Jahre Industriegeschichte im Fließgewässersystem bewegen, werden im Hamburger Hafen nachgewiesen /24/. So wird im Falle der Wiesen bei Schönberg/Deich die Überschwemmungshäufigkeit und Dauer als ein Grund für den Anstieg der Konzentration angesehen.

Auf 10 Flächen wurden Dioxinkonzentrationen bis 40 ng I-TEQ/kg m_T festgestellt, davon 7 mit Grünlandnutzung.

Auf 44 Flächen, ca. 80 % aller untersuchten Flächen im Überschwemmungsgebiet, wurden Dioxinkonzentrationen von über 40 ng I-TEQ/kg m_T festgestellt, davon 30 mit Grünlandnutzung. Von den 33 Flächen mit Dioxinkonzentrationen von mehr als 100 ng I-TEQ/kg m_T ist für 16 Flächen Grünlandnutzung angegeben.

Die Dioxinkonzentrationen im Boden des Elbe- und Mulde-Überschwemmungsgebietes sind nicht unerheblich. Bei allen Bodenproben handelt es sich jedoch um Stichproben, die allein nicht geeignet sind, z. B. Nutzungsbeschränkungen auszusprechen.

Eine große Schwankungsbreite der Messwerte trifft für das gesamte Überschwemmungsgebiet der Elbe ab dem Muldezufluss zu.

Inwieweit die Bodenbelastungen die Futter- und Lebensmittelsicherheit beeinflussen können, hängt wesentlich auch von der Bewirtschaftungsweise ab, da Dioxine über den Verschmutzungspfad auf Futter- bzw. Lebensmittel übergehen können.

Bei Sachverhaltsermittlungen im Einzelfall ist deshalb ein koordiniertes Vorgehen der Futter- und Lebensmittelüberwachungsbehörden und der Bodenschutzbehörden erforderlich. Für Empfehlungen an die Landwirte kann neben dem Merkblatt des Landes /36/ auch die von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) unter www.labo-deutschland.de veröffentlichte Arbeitshilfe „Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte“ herangezogen werden.

5.5.5.4 Interpretation

Zur Dioxin-Problematik gibt es bis zum heutigen Tag eine Vielzahl von wissenschaftlichen Beiträgen und Untersuchungen. Die unterschiedlichsten Medien wurden auf PCDD/F untersucht. Obwohl die Dioxine im Prinzip im Wasser nicht löslich sind, werden sie im aquatischen System (Schwebstoffe - Sediment) transportiert bzw. angereichert. Die an feinste Schwebeteilchen adsorbierten PCDD/F werden z. B. über den Wasserpfad aus Industrieanlagen in die Flüsse eingetragen.

Aus den bisher vorliegenden Daten wurde für das Flusssystem Elbe im Einzugsbereich Sachsen-Anhalt eine dominante Quelle im Bitterfelder Raum ermittelt, die sich über die Gewässer Spittelwasser und Mulde der Elbe über lange Zeiträume vermittelt hat. Die Ablagerungen im Spittelwasser bei Bitterfeld und die umliegenden Auen weisen noch heute hohe Belastungen auf, deren Einfluss auf das in seiner Gesamtheit betroffene Flusssystem Elbe derzeit gezielt untersucht wird. Die Bewertung der Untersuchungen auf Dioxine im Zusammenhang mit dem Hochwasser 2002 kommt zu dem Ergebnis, dass speziell für dieses Ereignis die Einträge in die Elbe oberhalb der Muldemündung sowohl quantitativ als auch qualitativ (andere Kongenerenverteilung) zu vernachlässigen sind /37/.

Obwohl unterschiedliche Matrices verglichen werden, findet man in allen Proben die typische Kongenerenverteilung des Spittelwassersediments. Wie bereits im Bericht über das Hochwasser im August 2002 dargestellt, werden die PCDD/F im Spittelwasser von den Furanen dominiert /27/, /37/.

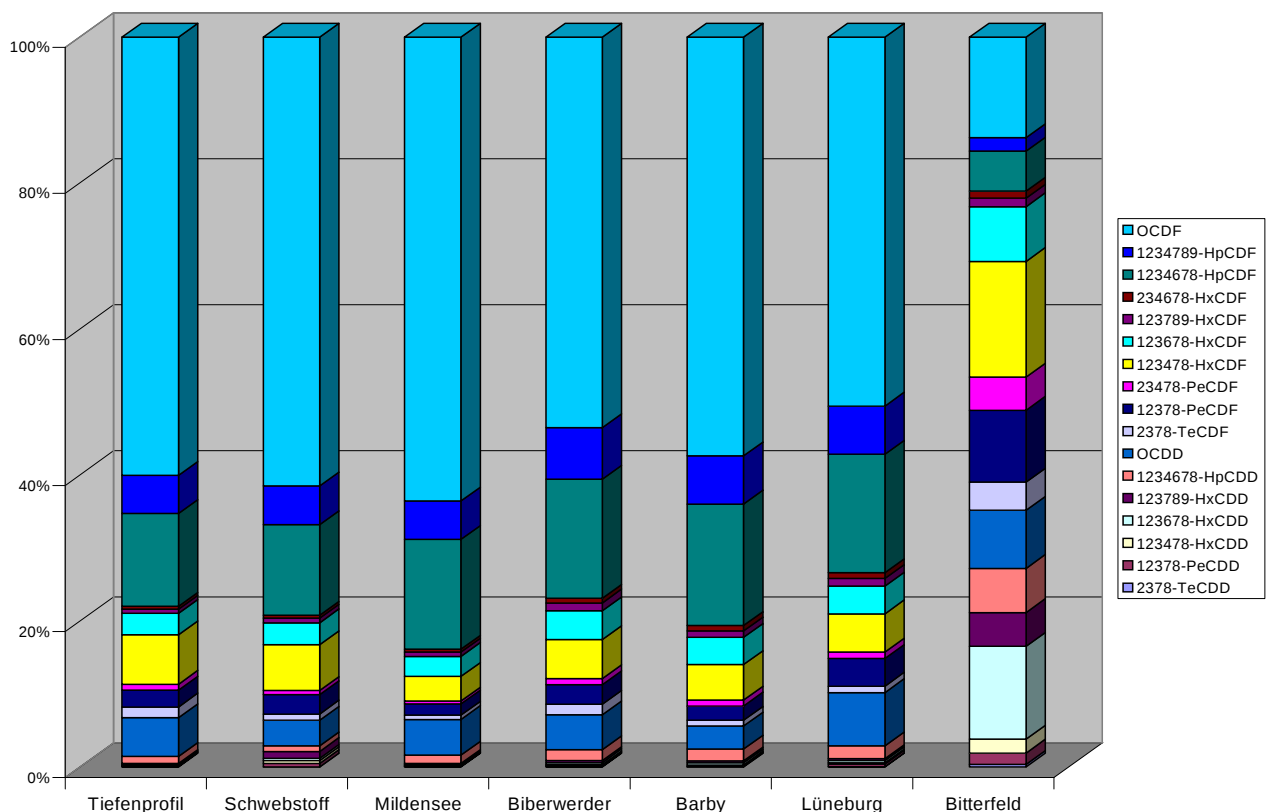


Abbildung 20: Vergleich der Kongenerenverteilung

Statistische Auswertungen erbrachten auch den Hinweis, dass die aus der Region Bitterfeld stammende Dioxinbelastung der Elbe ihre Ursache nicht (wie zuerst vermutet) in Produktionen der Chlorchemie (Abb. 20, Säule Bitterfeld) hat, sondern dass das festgestellte Dioxinmuster dem von metallverarbeitenden Prozessen entspricht /27/, /37/.

Durch statistische Vergleiche mit Kongenerenmustern anderer Herkunft wurde gezeigt, dass das Spittelwasser-Kongenerenprofil (Abb. 20, Säulen Tiefenprofil und Schwebstoff) die höchste Ähnlichkeit zu dem Muster aus der Magnesium-Produktion aufweist, die bis 1945 in Bitterfeld und auch in Staßfurt betrieben wurde. Die Magnesiumproduktionsanlage in Staßfurt soll mit großer Wahrscheinlichkeit auch als Quelle für die Belastung der Bode mit PCDD/F ab Staßfurt bzw. der Saale ab Bodemündung anzusehen sein /29/.

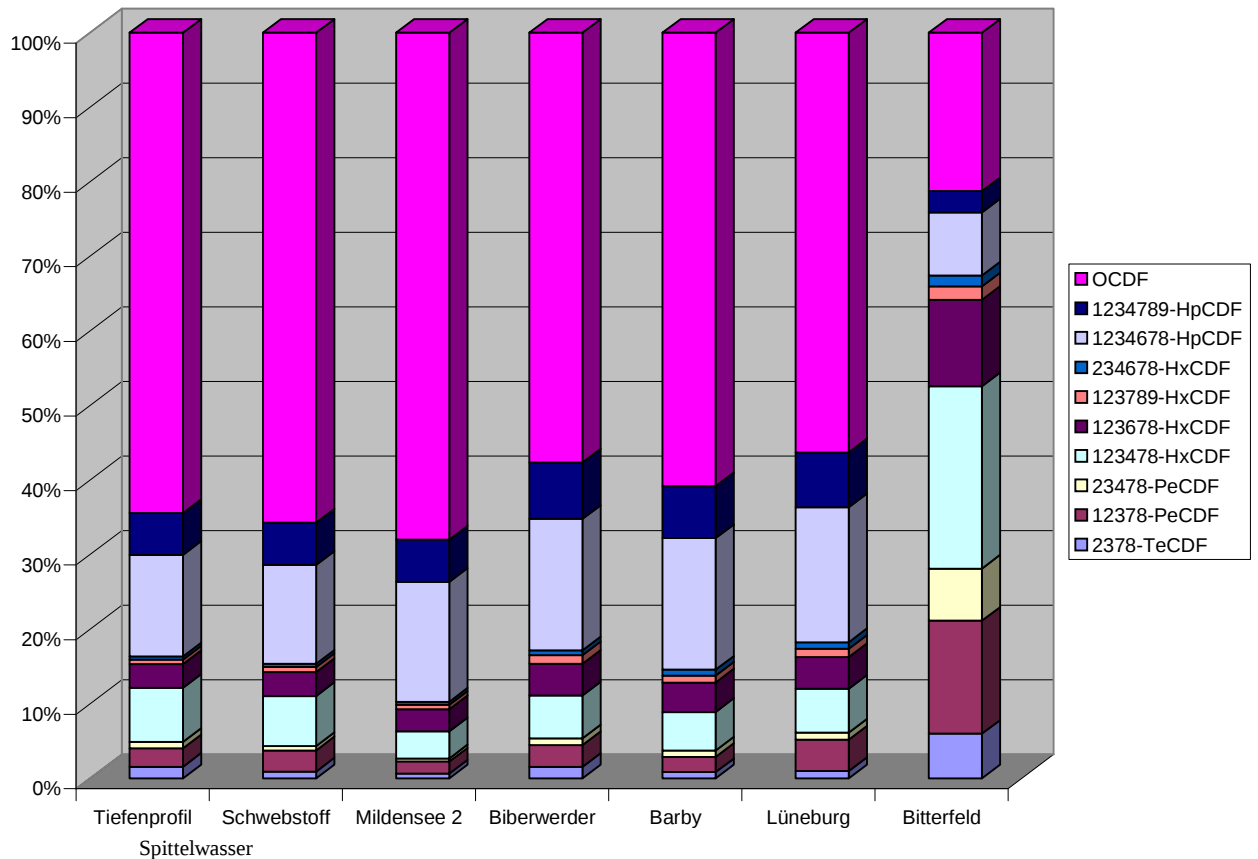


Abbildung 21: Furanverteilung in unterschiedlichen Proben

In der Abbildung 20 wurden die Kongenerenverteilungen von verschiedenen Proben gegenübergestellt. Hierbei soll der Dioxintransport in die Elbe und in der Elbe verdeutlicht werden. Die erste Säule stellt das Tiefenprofil einer Sedimentprobe 0 - 10 cm aus dem Spittelwasser dar. Die zweite Säule zeigt die Kongenerenverteilung einer Schwebstoffprobe aus dem Spittelwasser. Bei den Proben Mildensee, Biberwerder, Barby und Lüneburg handelt es sich um Bodenproben /29/. Die Muster der Proben stimmen untereinander im Wesentlichen überein.

Um die Übereinstimmung zu untermauern, wurde diesen Kongenerenverteilungen die einer Bodenprobe von einer Industriebrache auf dem Gelände des ehemaligen Chemiekombinats Bitterfeld (Säule Bitterfeld) gegenübergestellt, die die Chemieproduktion und nicht die metallurgischen Prozesse charakterisiert. Die Dominanz der Furane in den Kongenerenverteilungen

zeigt Abbildung 20. Deshalb sind in Abbildung 21 noch einmal von den oben genannten Proben die Kongenerenverteilungen der Furane gegenübergestellt. Auch hier zum Vergleich das Furanmuster der Bodenprobe von der Industriebrache.

5.5.6 Zusammenfassung

Bei jedem Hochwasserereignis wird je nach Stärke der Niederschläge mehr oder weniger Bodenmaterial aus den Einzugsgebieten der Flüsse in die fließende Welle eingetragen. Dieses Material wird in den Überschwemmungsgebieten abgelagert. Gleichzeitig remobilisiert die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit in den Flussbetten und Überschwemmungsgebieten bereits früher abgelagertes Material und transportiert es flussabwärts. Im Laufe der Zeit 'wandert' Bodenmaterial zur letztendlichen Ablagerung in die Meere.

So lassen sich heute noch Schwermetalle aus der längst eingestellten Erzgewinnung und -aufbereitung im sächsischen Raum in den Überschwemmungsgebieten der Mulde in Sachsen-Anhalt finden bzw. das Kupfer aus der Metallgewinnung im Mansfelder Land nach dem Saale-Zufluss in die Elbe.

Andererseits ist bekannt, dass die mit typischen organischen Schadstoffen belasteten Sedimente aus den Überschwemmungsgebieten der Mulde bei Bitterfeld inzwischen in der Elbe in Niedersachsen und nicht zuletzt im Hamburger Hafen nachzuweisen sind.

Vorgesehen ist, weiterhin anlassbezogen Bodenproben und ggf. auch Pflanzenproben im weiteren Elbeverlauf in Richtung Niedersachsen auf Dioxine und dioxinähnliche PCB zu untersuchen. Es wird sich hierbei um regelmäßig überschwemmte Vordeichsflächen handeln. Anhand der Ergebnisse sollen den zuständigen Behörden gezielt Empfehlungen gegeben werden können, auf welchen Flächen gegebenenfalls Futtermitteluntersuchungen vorzunehmen sind. Zusätzlich werden auch die Überschwemmungsgebiete der Zuflüsse in die Elbe in die Untersuchungen einbezogen. Derzeit werden die Untersuchungen auf die Bode und die Weiße Elster am Zufluss in die Saale ausgedehnt.

Dass durch das Hochwasser im August 2002 keine Verschlechterung der stofflichen Belastung in den Überschwemmungsgebieten von Elbe und Mulde eingetreten ist, kann über die insgesamt bestehende Belastung nicht hinwegtäuschen. Den zuständigen Behörden obliegt es, den Anhaltspunkten für das Vorliegen schädlicher Bodenveränderungen nachzugehen. Weitere Sachverhaltsermittlungen werden ressortübergreifend abgestimmt.

5.6 Untersuchungen von Futtermitteln

5.6.1 Rechtliche Grundlagen und Bewertungskriterien

Sichere Futtermittel sind eine Grundvoraussetzung für die Lebensmittelsicherheit - „der Mensch isst, was das Tier frisst“. Dieser Prämisse folgend, wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Regelungen getroffen, um das Futter- bzw. das Lebensmittel so sicher wie möglich zu machen. Ende der neunziger Jahre fielen in brasilianischen Zitrustrestern, die in Europa zur Verfütterung gelangt waren, erhöhte Dioxingehalte auf /38/.

Im Januar 1999 wurden 500 Tonnen Futtermittel vor allem in Belgien an Hühner-, Schweine- und Rinderhalter verkauft. Die Quelle dieser Kontamination war ein Fett, das von zwei Fettschmelzen in Belgien aus Transformatorenöl, Frittierfett sowie Schlachtabfällen gewonnen und danach dem Tierfutter beigemischt worden war /39/.

Ebenfalls 1999 wurde Kaolinit-Ton aus bestimmten Gruben in Deutschland als Verursacher einer weiteren Kontamination der Nahrungskette mit Dioxinen ausgemacht. Kaolinit-Ton wird gelegentlich dem Tierfutter als Bindemittel beigemischt, um eine entsprechende Rieselfähigkeit des Futters zu gewährleisten /40/. Die erhöhten Dioxingehalte in Bioeiern Mitte 2010 wurden durch Futtermittel verursacht.

Zur Beurteilung der Belastung mit Dioxinen dient die Anlage 5 der Futtermittelverordnung (FMVO) vom 24. Mai 2007 in Umsetzung der Richtlinie 2006/13/EG der Kommission vom 3. Februar 2006 zur Änderung der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/32 EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB.

In der Anlage 5 der FMVO sind **Höchstwerte** für Dioxine für einzelne Futtermittel, Futtermittelausgangserzeugnisse, Mischfuttermittel, Vormischungen und Zusatzstoffe festgelegt (Tabelle 19) /40/. Die festgelegten Höchstgehalte dürfen nicht überschritten werden, und es ist verboten, ein Futtermittel, das den Höchstgehalt überschreitet, zu Verdünnungszwecken mit dem gleichen oder einem anderen Futtermittel zu mischen.

Neben den Höchstwerten sind für Dioxine zusätzlich **Aktionsgrenzwerte** festgelegt. Das sind Grenzwerte, bei dessen Überschreitung Untersuchungen vorgenommen werden müssen, um die Ursachen für das Vorhandensein mit dem Ziel zu ermitteln, Maßnahmen zu seiner Verringerung oder Beseitigung einzuleiten (Lebensmittel-; Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB) /41/.

Der ermittelte Analysenwert ist in ng/kg Futtermittel mit einem Trockenmassegehalt von 88 v. H. anzugeben. Da jeder Analysenwert mit einer Messunsicherheit (siehe auch Kapitel 4.2) behaftet ist und eine Vergleichbarkeit zwischen den Laboren gewährleistet sein muss, ist mit den aus Ringversuchen abgeleiteten Analysenspielfräumen (erweiterte Messunsicherheit) zu rechnen. Die Messunsicherheit (MU) wird in den jeweiligen Tabellen und Abschnitten angegeben.

Tabelle 19: Höchstgehalte und Aktionsgrenzwerte für Futtermittel

Futtermittel	PCDD/F (WHO-TEQ)	
	ng/kg 88 v. H. TM*	
	Höchstgehalt	Aktionsgrenzwert
Einzelfuttermittel pflanzlichen Ursprungs	0,75	0,5
Einzelfuttermittel mineralischen Ursprungs	0,75	0,5
Zusatzstoffe der Funktionsgruppe Spurenelemente	1,0	0,5
Vormischungen	1,0	0,5
Mischfuttermittel, außer Heimtiere und Fische	0,75	0,5

* 88 v. H. TM – 88 von 100 % Trockenmasse

5.6.2 Probenauswahl und Probenanzahl

Seit dem Jahr 2004 werden in Sachsen-Anhalt Futtermittel routinemäßig auf Dioxine untersucht. Erst seit dem Jahr 2010 erfolgt die generelle Analyse der Futtermittel auf Dioxine und dioxin-ähnliche PCB, so dass im vorliegenden Bericht nur diese Dioxingehalte ausgewertet werden. Auftrag der amtlichen Futtermittelüberwachung ist, den Eintrag in die Nahrungskette zu verhindern bzw. mögliche Eintragsquellen zu verstopfen. Um den Eintrag in die Nahrungskette optimal kontrollieren zu können, wird die Beprobung „so nah am Maul“ wie möglich durchgeführt. Das heißt, wird der Aufwuchs der Futterfläche als Grünfutter (z. B. Weide) genutzt, wird das Grünfutter beprobt, dient der Aufwuchs zur Heuwerbung bzw. Silageherstellung, wird das Heu bzw. die Silage beprobt. Deshalb ist eine punktuelle Betrachtung nicht möglich. Die Ergebnisse können nur einer entsprechenden Futterpartie zugeordnet werden.

Ab dem Jahr 2004 wurden insbesondere Futteraufwüchse von Flächen einbezogen, die 2002 durch das Hochwasser überflutet waren.

Seit dem Jahr 2007 wird der Umfang der jährlichen Untersuchung in Sachsen-Anhalt durch den Rahmenplan der Kontrollaktivitäten im Futtermittelsektor als Bestandteil des Mehrjährigen Nationalen Kontrollplans Futtermittelsicherheit (**M**ulti **a**nnual **n**ational **c**ontrol **p**lan - MANCP 2007 bis 2011) der Bundesrepublik Deutschland festgelegt. Er macht für jedes Bundesland Vorgaben zu Probenart und Probenanzahl. Der MANCP ist ein ziel- und risikoorientiertes Kontrollprogramm und setzt die Forderung gemäß Artikel 41 der VO (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebens- und Futtermittelrechts sowie Bestimmung über Tiergesundheit und Tierschutz (Abl. EU Nr. L 191 vom 28.5.2005) um.

Die Mindestanforderung des MANCP für Sachsen-Anhalt ist jährlich je 35 Einzel- und Mischfuttermittel sowie 3 Zusatzstoffe auf Dioxine zu untersuchen. Zusätzlich werden jährlich im Rahmen des Landessonderprogramms „Monitoringprogramm auf unerwünschte Stoffe in Futtermitteln aus Überschwemmungsgebieten“ weitere Futtermittel beprobt und analysiert. Die zuständi-

gen Futtermittelüberwachungsbehörden der Landkreise und Kreisfreien Städte Sachsen-Anhalts entnehmen die Futtermittelproben gemäß MANCP und entsprechend Probennahme- und Analyse-Verordnung bei Erzeuger-, Hersteller- und Handelsbetrieben sowie bei Tierhaltern. Die jährliche Anzahl der untersuchten Futtermittelproben ist aus Tabelle 20 ersichtlich.

Tabelle 20: Anzahl der auf Dioxine untersuchten Futtermittelproben 2004 bis 2009

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Getreidekörner, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse	6	23	3	5	3	4
Ölsaaten und Ölfrüchte, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse		2				
Knollen und Wurzeln, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse	1	1			1	
Andere Samen und Früchte, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse						1
Grün- und Rauhfutter	59	43	61	61	49	50
Mineralisches Einzelfuttermittel				2		1
Zusatzstoffe	4	1	1	3	4	4
Mischfuttermittel	2		1	35	34	33

5.6.3 Ergebnisse

5.6.3.1 Einzelfuttermittel (außer Grünland und Grünlandprodukte)

Einzelfuttermittel sind oft Ausgangserzeugnisse für die industrielle Herstellung von Mischfuttermitteln oder von hofeigenen Mischungen in der Tierfütterung und können damit eine indirekt mögliche Eintragsquelle von Dioxinen in die Nahrungskette darstellen. Abbildung 22 zeigt die Belastung der verschiedenen Einzelfuttermittel mit Dioxinen. Die analysierten Maximalgehalte der untersuchten Einzelfuttermittel liegen weit unter dem Höchstgehalt von 0,75 und unter dem Aktionsgrenzwert von 0,5 ng/kg 88 v. H. TM.

Die Einzelergebnisse der Dioxinuntersuchung verschiedener Getreidearten und deren Nebenprodukte sind in Tabelle 21 aufgeführt.

In unverarbeiteten Weizen wurde gegenüber unverarbeiteter Gerste die höchste mittlere Belastung (Medianwert) mit 0,054 ng/kg 88 v. H. Dioxinen nachgewiesen, die niedrigste bei Triticale mit 0,029 ng/kg 88 v. H. TM. Die Werte der Getreidenebenprodukte lagen insgesamt etwas höher als bei unverarbeitetem Getreide, auffällig waren insbesondere Abfälle der Backwarenindustrie.

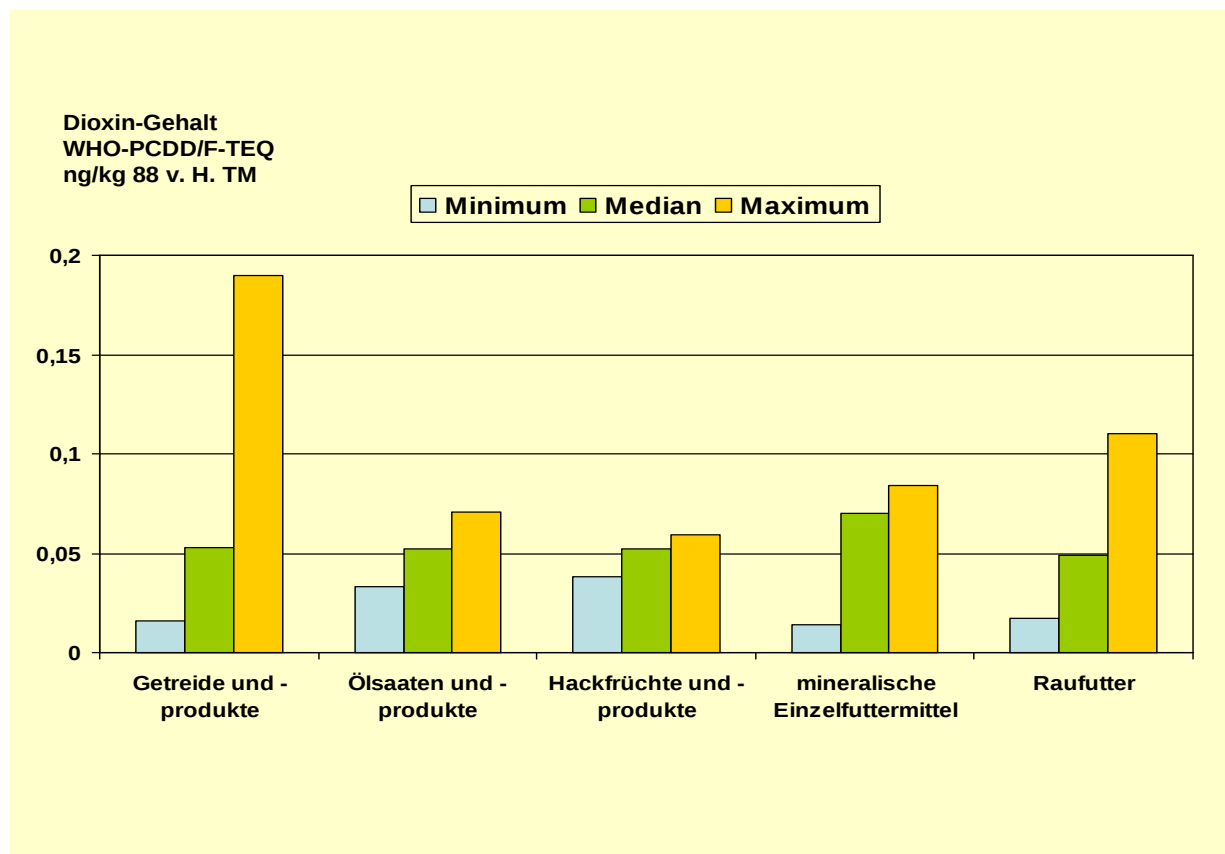


Abbildung 22: Dioxingehalte (abzüglich Messunsicherheit) von Einzelfuttermitteln

Tabelle 21: Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Getreide und Getreidenebenprodukten in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009

Jahr	PCDD/F (WHO-TEQ) ng/kg 88 v. H. TM (abzüglich Messunsicherheit *)			
	Weizen	Gerste	Triticale	Getreideprodukte
2004	0,066 0,066	0,048		0,084 0,088 0,063
2005	0,021 0,024 0,026 0,027 0,044 0,056 0,071 0,075 0,075 0,080 0,110 0,120 0,130	0,016 0,023 0,046 0,046 0,050	0,020 0,029 0,078	0,080 0,100
2006	0,030			0,041 0,053
2007	0,030 0,054			0,036 0,066 0,066
2008	0,036			0,040 0,190
2009	0,043 0,052			0,077 0,020
Medianwert	0,054	0,046	0,029	0,072

*MU 2004 und 2005 20 %, ab 2006 30 %

Stichprobenartig wurden weitere verschiedene Einzelfuttermittel auf die Belastung mit Dioxinen untersucht. Insgesamt gesehen sind alle Ergebnisse der Einzelfuttermitteluntersuchungen (außer Grünland und Grünlandprodukte) in Sachsen-Anhalt entsprechend der Tabellen 21 und 22 als Hintergrundbelastung einzuschätzen.

Tabelle 22: Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in sonstigen Einzelfuttermitteln in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009

Jahr	PCDD/F (WHO-TEQ) ng/kg 88 v. H. TM (abzüglich Messunsicherheit*)						
	Hackfrüchte; -neben- produkte	Ölfrüchte; -neben- produkte	Mineralische Einzel- futtermittel	Sonstige Einzel- futtermittel	Mais; -silagen	Luzerne; -pellets	Stroh
2004	0,059				0,030 0,040 0,057 0,057 0,067 0,110		
2005	0,038	0,071 0,033			0,017 0,033	0,062 0,040	
2006					0,070		
2007			0,014 0,084		0,034	0,038	
2008	0,052						0,069
2009			0,07	0,084			

*MU 2004 und 2005 20 %, ab 2006 30 %

5.6.3.2 Grünland und Grünlandprodukte

Grünland und Grünlandprodukte von Wiesen und Weiden (Grünfutter, Silagen und Heu) sind ein wesentlicher Bestandteil bei der Rationsgestaltung von Rindern. Ein großer Teil der Grünlandflächen in Sachsen-Anhalt liegen in flussnahen Gebieten, die in regel- oder unregelmäßigen Abständen überflutet werden können.

Ab 2004 wurden elbnahe Grünlandaufwüchse auf Dioxine untersucht, in den folgenden Jahren auch in Flussniederungen der Saale und Mulde und in einem Sonderprogramm weitere Grünlandflächen in potenziell gefährdeten Hochwasserflächen kleinerer Flüsse wie z. B. Elster, Ohre u. ä.

Die Anzahl der in den Jahren 2004 bis 2009 untersuchten 309 Proben von Grünlandflächen in flussnahen Gebieten sind aus Tabelle 23 zu entnehmen. Die 17 zusätzlichen, sogenannten Verfolgsproben wurden nicht in die Auswertung einbezogen, um das Ergebnisbild der Gesamtbelastung nicht zu verfälschen.

Tabelle 23: Anzahl der untersuchten Proben flussnaher Grünlandflächen 2004 bis 2009

Fluss		2004	2005	2006	2007	2008	2009	Gesamt
Elbe	bis Mulde-Einmündung	5	5	16	7	7	6	46
	von Mulde- bis Saale-Einmündung	4	4	13	11	4	4	40
	nach Saale-Einmündung	12	24	31	31	27	27	152
	Insgesamt	21	33	60	49	38	37	238
Saale		16			5	8	9	38
Mulde			6		4	2	2	14
Bode		1					1	2
Unstrut		1						1
Ohre		2			1			3
Elster		5						5
Selke		1						1
Helme		2					1	3
Wipper		4						4
Gesamt		53	39	60	59	48	50	309

Flussauennahe Grünflächen der Elbe

Entlang der Elbe wurden im genannten Zeitraum 238 Proben gezogen und untersucht (Abbildung 23). In 87,4 % aller untersuchten Proben lag die Belastung mit Dioxinen unter dem Aktionsgrenzwert von 0,5 ng/kg 88 v. H. TM, in 3,8 % der Proben über dem Aktionsgrenzwert und in 8,8 % über dem in der Anlage 5 der FMVO festgelegten Höchstgehalt von 0,75 ng/kg 88 v. H. TM. Die Abbildung 23 macht deutlich, dass Futtermittel, die auf Grünlandflächen der Gebiete des Elbabschnittes nach der Einmündung der Saale in Sachsen-Anhalt produziert worden sind, am häufigsten auffällig waren. 5,3 % der Proben wiesen Dioxingehalte über dem Aktionsgrenzwert auf und 12,5 % über dem Höchstwert gemäß Anlage 5 der FMVO.

Von dem sachsen-anhaltischen **Elbabschnitt vor der Muldeeinmündung** wurden 46 Futtermittelproben untersucht (Abbildung 24). Die Ergebnisse der 25 Grünfutter- und 5 Silageproben weisen darauf hin, dass die Dioxinbelastung der Grünlandflächen in diesem Elbabschnitt als Hintergrundbelastung einzustufen ist. Die Maximalgehalte liegen weit unter dem Aktionsgrenzwert bzw. Höchstgehalt für Dioxine.

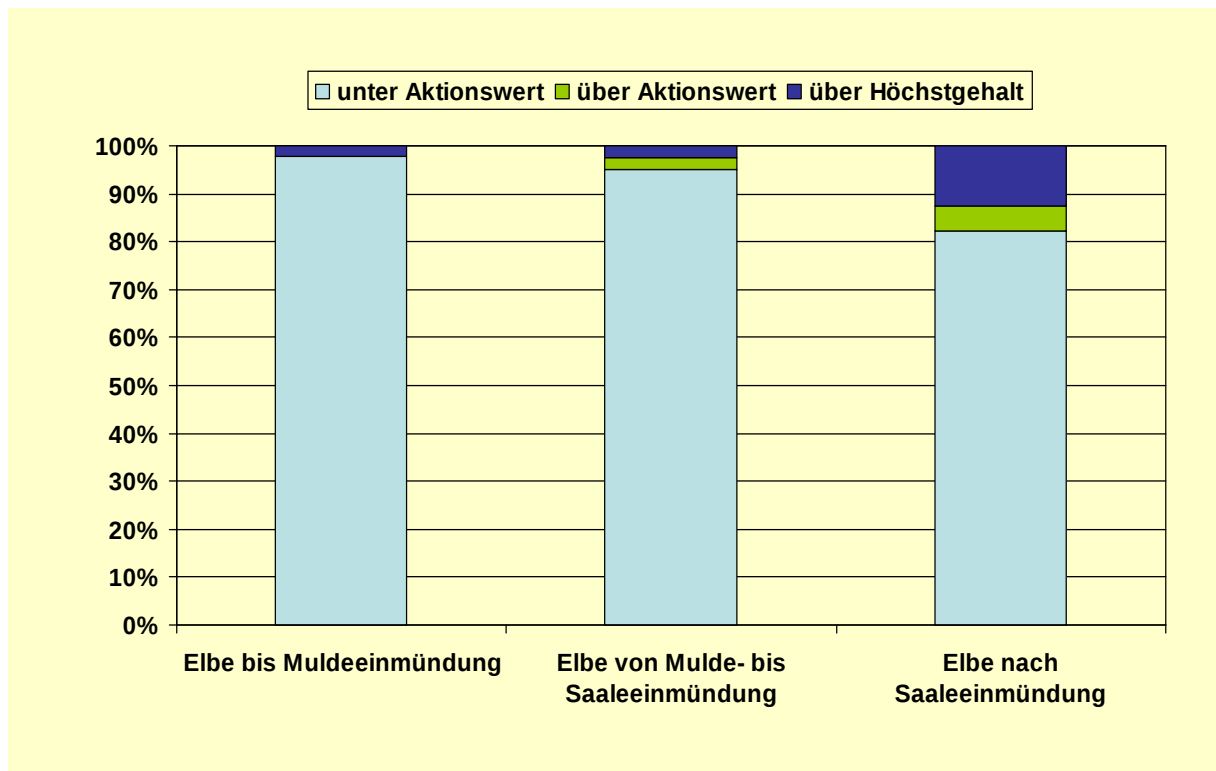


Abbildung 23: Dioxinbelastung von Grünland und Grünlandprodukten elbnahe Gebiete

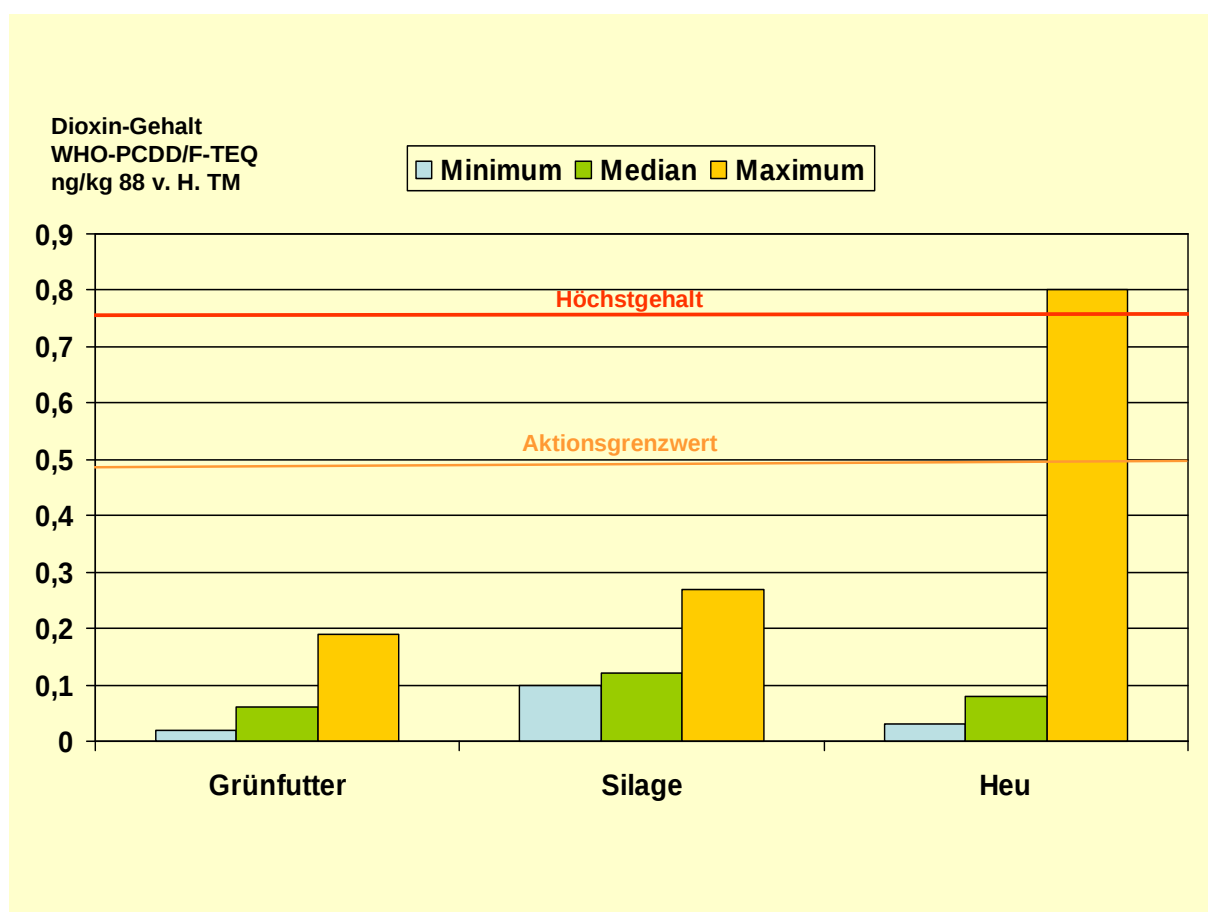


Abbildung 24: Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete vor Einmündung der Mulde

Bei den 16 Heuproben lag die mittlere Dioxinbelastung (Median) unter 0,1 ng/kg 88 v. H. TM. Lediglich in einer Probe wurde eine Höchstgehaltsüberschreitung nachgewiesen. In dieser Futterprobe ist es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Verschmutzung mit Bodenpartikeln während der Heuwerbung gekommen, die zum Dioxineintrag führte.

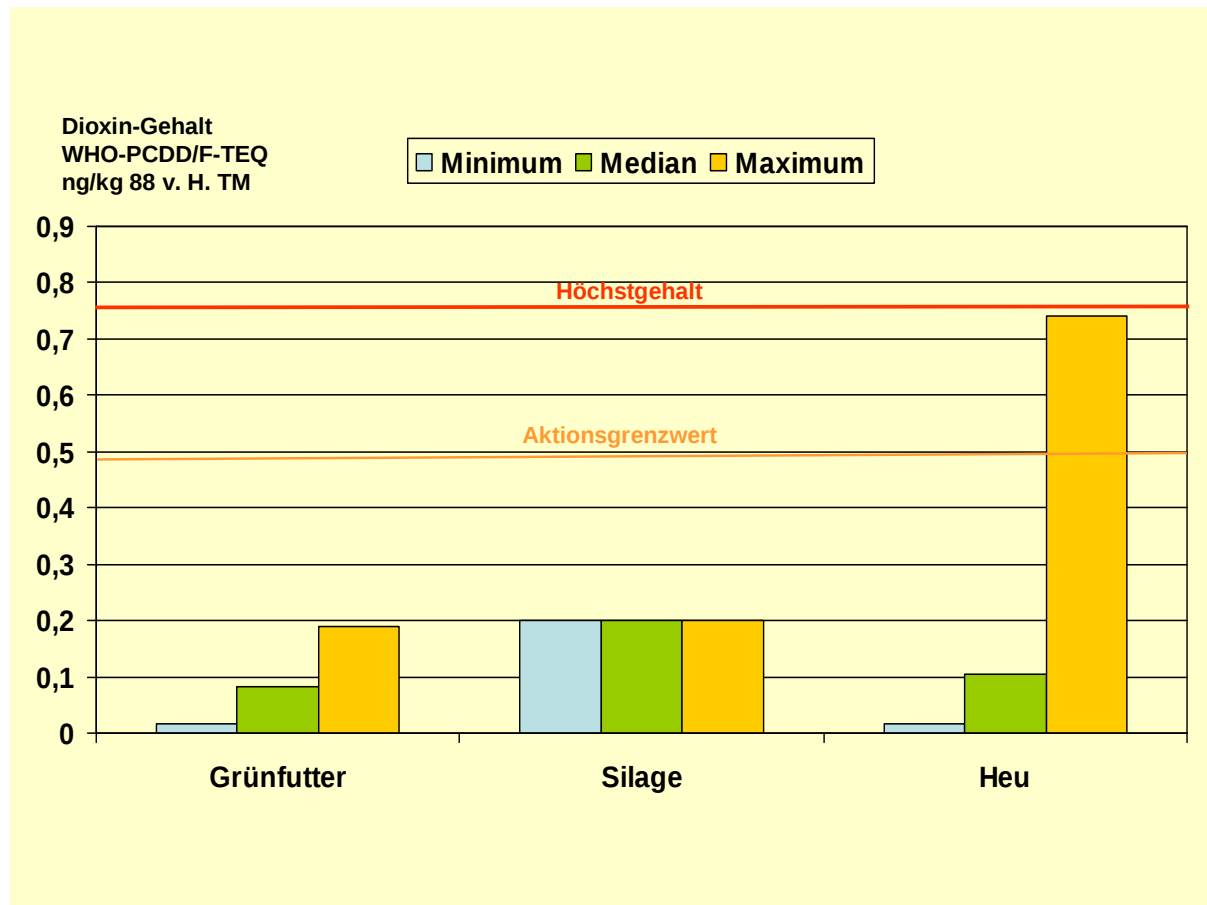


Abbildung 25: Dioxingehalte (abzüglich Messunsicherheit) von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete zwischen der Mulde- und Saale-einmündung

In dem **Elbabschnitt zwischen Mulde- und Saale-Einmündung** wurden 40 Futtermittelproben untersucht, davon 26 Grünfutter-, zehn Heu- und eine Silageprobe (Abbildung 25). In keiner der untersuchten Proben wurde eine Höchstgehaltsüberschreitung festgestellt; die Medianwerte lagen weit unter den festgelegten Aktionsgrenzwerten bzw. Höchstgehalten. Von den 26 Grünfutter- und den 10 Heuproben wurde jeweils in einer Probe eine Überschreitung des Aktionsgrenzwertes nachgewiesen.

Der längste Elbabschnitt in Sachsen-Anhalt liegt hinter der Saale-Einmündung bis zur Landesgrenze. Insgesamt wurden 152 Futtermittelproben auf Dioxine untersucht. Die erzeugten Futtermittel der Grünlandflächen dieses Elbabschnittes wiesen im Vergleich zu den Abschnitten vor der Saale-Einmündung die höchste Belastung auf (Abbildung 25).

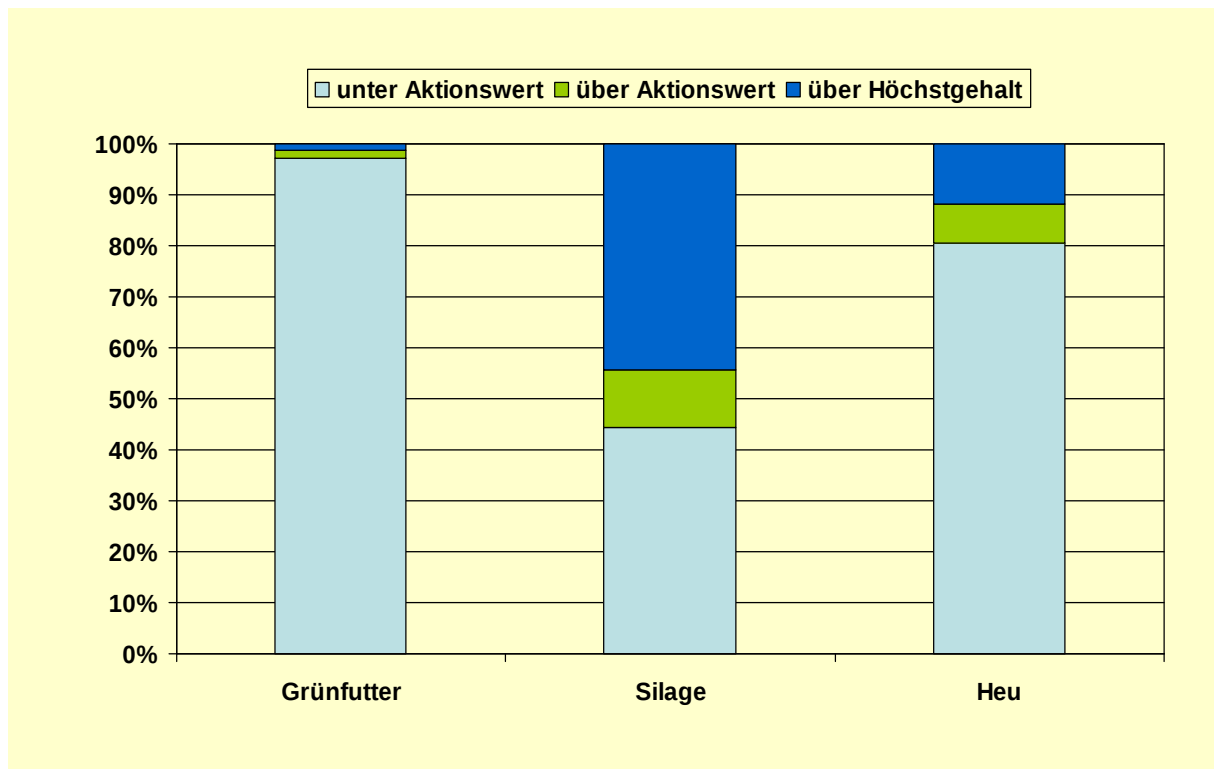


Abbildung 26: Dioxinbelastung von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete nach Einmündung der Saale

Von den 152 untersuchten Proben wiesen 17,8 % der Proben eine Überschreitung des Aktionsgrenzwertes von 0,5 ng/kg bzw. des Höchstgehaltes von 0,75 ng/kg 88 v. H. TM auf. Dabei wird deutlich, dass die auf den Grünflächen produzierten Silagen das größte Problem darstellen. In 55,5 % aller untersuchten Silageproben wurden Dioxingehalte über dem Aktionsgrenzwert bzw. Höchstgehalt ermittelt, bei Heu lagen 19,6 % der Proben die Belastung mit Dioxinen über den futtermittelrechtlich relevanten Werten (Abbildung 26).

Betrachtet man hingegen das Grasgrünfütter wird deutlich, dass die Ausgangsbelastung des Grünfütters sehr viel niedriger ist. In jeweils nur einer der 74 Proben wurde der Aktionsgrenzwert bzw. Höchstgehalt überschritten.

Die Median- und Maximalwerte sind in Abbildung 27 dargestellt. Während die mittlere Dioxinbelastung (Median) von Grasgrünfütter und Heu unter 0,1 ng/kg 88 v. H beträgt, liegt die mittlere Belastung von Silagen sogar über dem Aktionsgrenzwert. In Einzelfällen wird der Höchstgehalt um fast das 5fache überschritten.

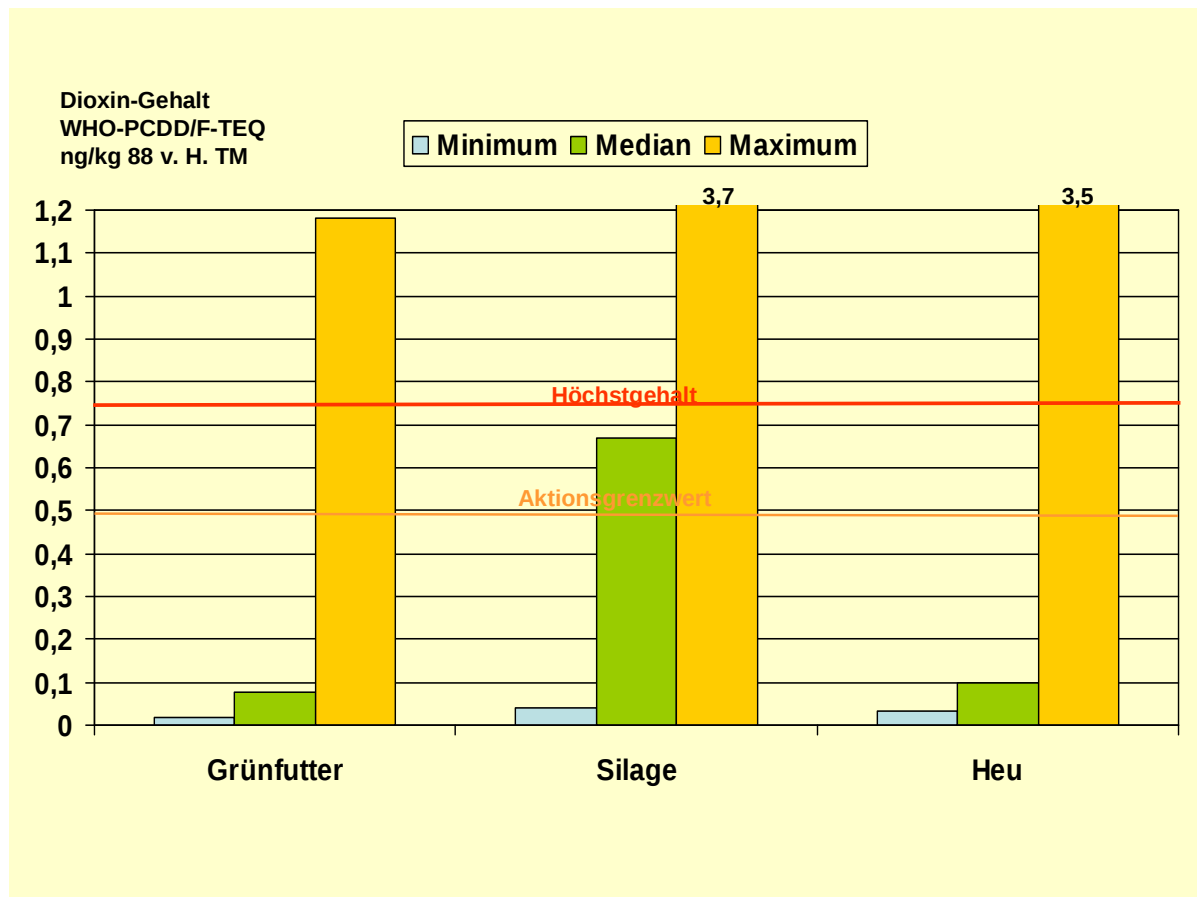


Abbildung 27: Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete nach Einmündung der Saale

Flussauennahe Grünlandflächen der Mulde und Saale

Entlang der **Mulde** wurden im Zeitraum 2005 bis 2009 von der Landesgrenze bis zur Einmündung in die Elbe 14 Futterproben von muldennahen Grünlandflächen gezogen, davon 12 Grünfütter und jeweils eine Heu- und eine Silageprobe (Abbildung 28). In einer Grünfütterprobe wurde der Aktionsgrenzwert von 0,5 ng/kg 88 v. H. TM überschritten. Die Grasgrünfütterprobe, die mit 2,86 ng/kg 88 v. H. TM den Höchstgehalt von 0,75 ng/kg 88 v. H. TM weit überschritten hat, stammt von einer Fläche, die bereits im Rahmen der Gefahrenabwehrverordnung gesperrt und von der Verfütterung ausgeschlossen wurde.

Von den Auen entlang der **Saale** (Landesgrenze bis Bereich Bernburg) wurden 38 Futterproben von Grünlandflächen gezogen und auf Dioxine untersucht, davon 23 Grünfütter-, 3 Silage- und 12 Heuproben (Abbildung 28). In keiner der Proben wurde sowohl der Aktionsgrenzwert als auch der Höchstgehalt überschritten. Die Untersuchungsergebnisse der Futterproben, die in der Saaleaue produziert wurden, können nicht zur Klärung beitragen, warum in Futterproben aus den Elbniederungen nach der Saale-Einmündung die Dioxinbelastung so hoch ansteigt.

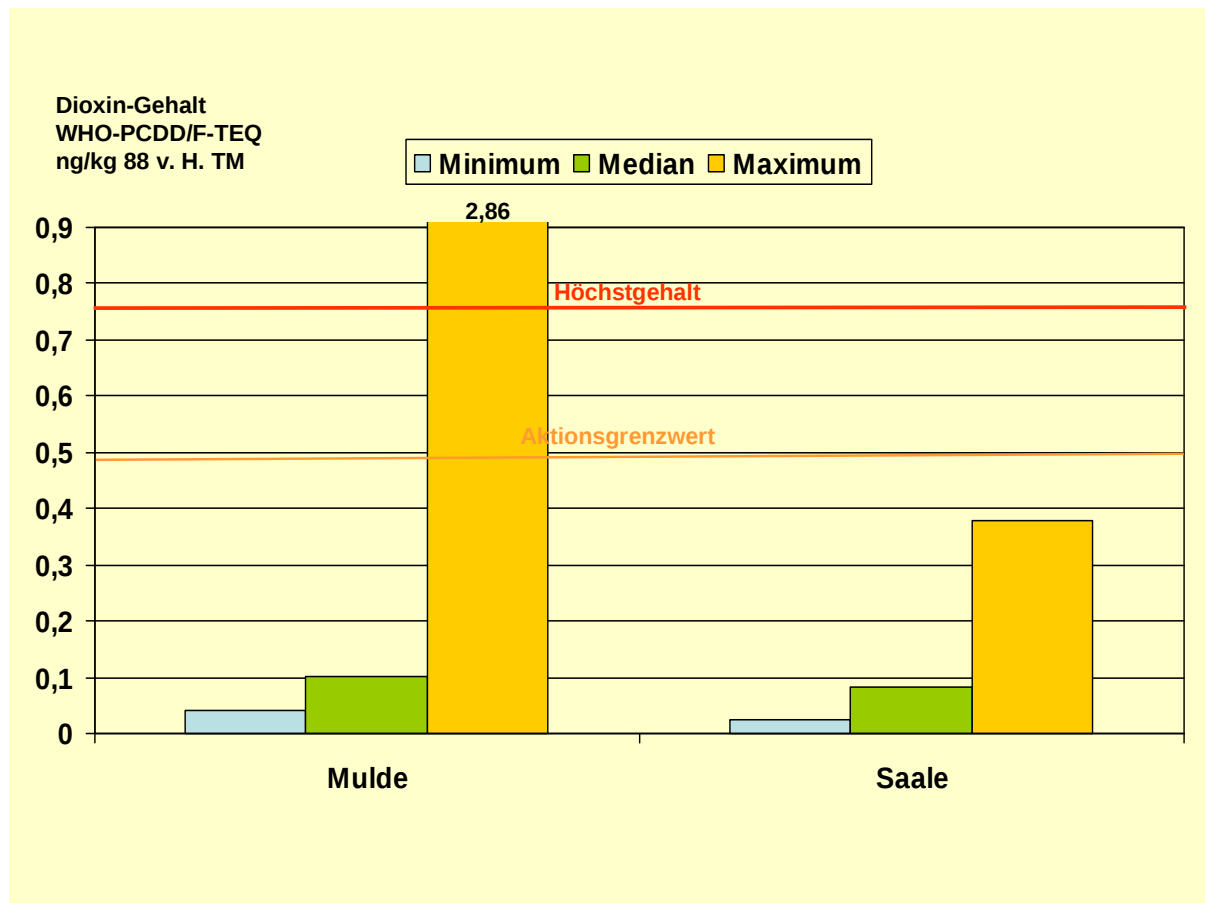


Abbildung 28: Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Flussauen Mulde und Saale

Sonstige flussauennahe Grünlandflächen

In einem Sonderprogramm 2004-2009 wurden Grünlandflächen in weiteren, potenziell gefährdeten Hochwasserflächen kleinerer Flüsse in Sachsen-Anhalt stichprobenartig untersucht, um ein mögliches Gefährdungspotenzial abschätzen zu können (Abbildung 29).

Die Ergebnisse stellen Stichproben dar und zeigen, dass in den flussnahen Grünlandgebieten der Ohre, Elster, Selke, Helme und Wipper eher mit einer Hintergrundbelastung zu rechnen ist. Lediglich in flussnahen Gebieten der Bode wurde in einer Probe der Aktionsgrenzwert von 0,5 ng/kg 88 v. H. TM überschritten.

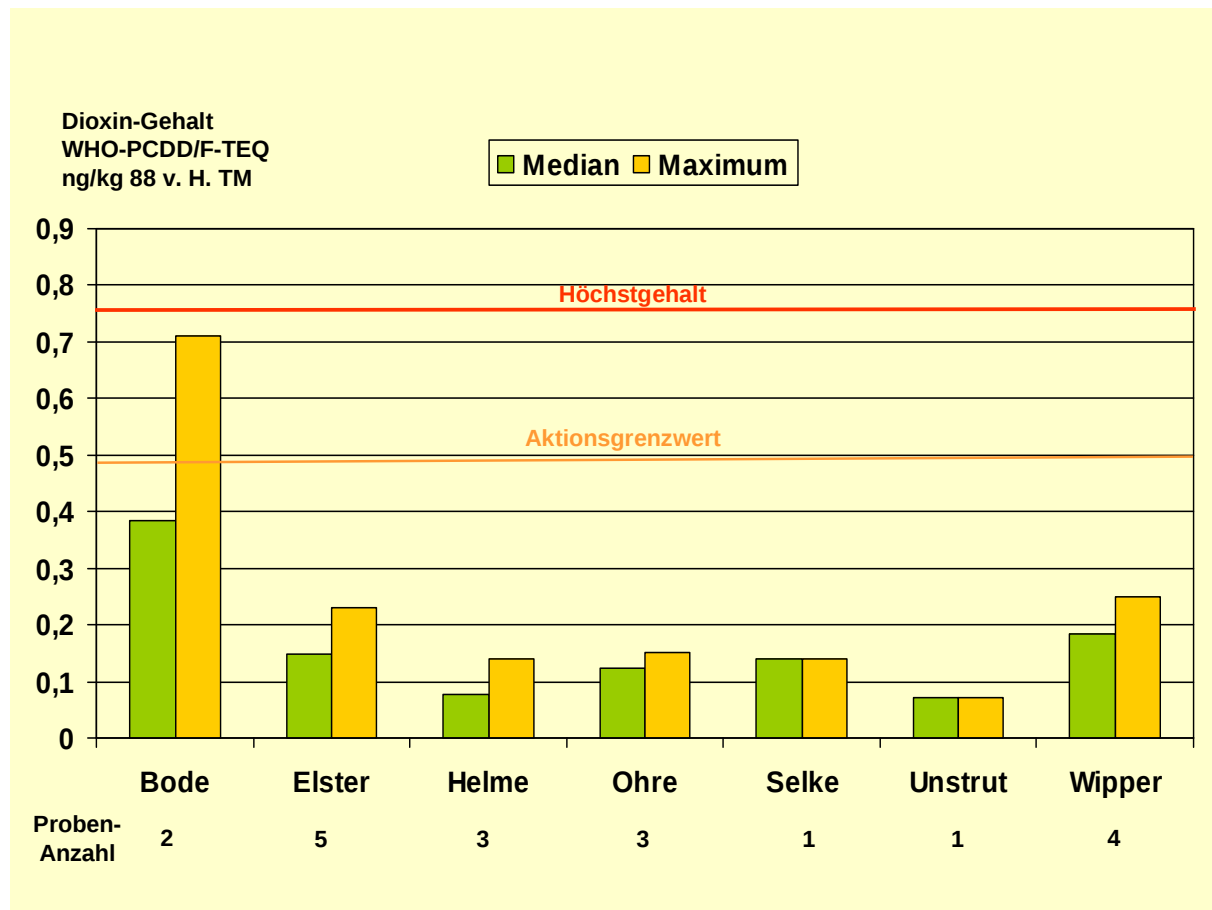


Abbildung 29: Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten sonstiger Flussauen in Sachsen-Anhalt

Die dargestellten Ergebnisse für Grünland und Grünlandprodukte weisen darauf hin, dass es bei der Futterwerbung, insbesondere bei Heu und Silagen, zu einer sekundären Kontamination mit Dioxinen kommen kann. Das Ablegen des Futters auf Schwaden und/oder durch ein- oder mehrmaliges Wenden kann bei entsprechenden Witterungsverhältnissen zur Verschmutzung des Futters mit Bodenpartikeln kommen und indirekt die Dioxinbelastung erhöhen. Auch die Schnitthöhe des Mähgutes kann einen Einfluss haben. Ähnliches wurde von SCHULZ (2006) beobachtet, die eine tendenzielle Korrelation zwischen Dioxin- und Rohaschegehalten (Ausdruck von Futterverschmutzung) festgestellt hat /42/.

Um diese möglichen Eintragsquellen auszuschalten, wurde ein Merkblatt zur „Landwirtschaftlichen Nutzung von Flussauen in Sachsen-Anhalt“ erarbeitet, in dem Empfehlungen gegeben werden, um Risiken eines Schadstoffeintrages direkt in Futtermitteln bzw. indirekt in die Lebensmittelkette zu minimieren /36/.

5.6.3.3 Allein- und Ergänzungsfuttermittel

Allein- und Ergänzungsfuttermittel sind entweder industriell hergestellte Mischfuttermittel oder als Hofmischung hergestellte Futtermittel, die direkt der Tierfütterung dienen. Sie können damit unmittelbar eine mögliche Eintragsquelle in die Nahrungskette darstellen.

In den Jahren 2004 - 2009 wurden 105 Allein- und Ergänzungsfuttermittel auf ihre Dioxinbelastung untersucht.

Für Schweine (36 Proben) und Geflügel (30 Proben) wurden ausschließlich industriell hergestellte Mischfuttermittel untersucht. Von den 39 Rinderfuttermitteln wurden 33 industriell hergestellte Mischfuttermittelproben und 6 Totalmischrationen analysiert.

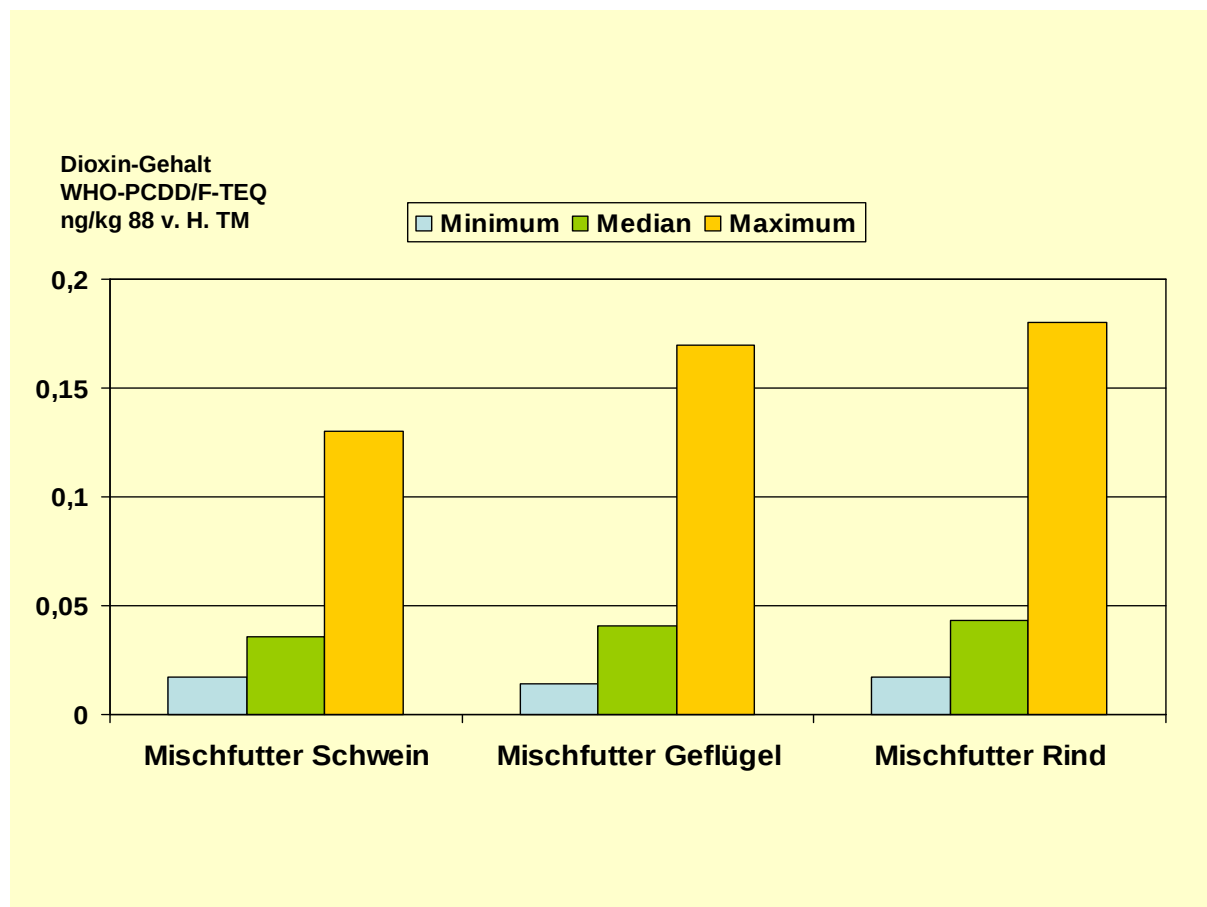


Abbildung 30: Dioxingehalte von Mischfuttermitteln

Die Abbildung 30 macht deutlich, dass sowohl von den industriell hergestellten Mischfuttermitteln für Schwein, Geflügel und Rind als auch von den Totalmischrationen keinerlei Gefahr für den Eintrag in die Nahrungskette ausgeht. Die Maximalwerte liegen weit unter den für Futtermittel geltenden Höchstgehalten bzw. Aktionsgrenzwerten von 0,75 bzw. 0,5 ng/kg 88 v. H. TM.

Die Einzelwerte der Untersuchungen sind in Tabelle 24 aufgeführt. Die industriell hergestellten Mischfutter für Rind, Schwein und Geflügel unterscheiden sich in ihrer durchschnittlichen Dioxinbelastung (Median) kaum voneinander. Die deutlich höheren Werte in Proben der Totalmischrationen gegenüber industriell hergestellte Mischfuttermittel für Rinder kann durch den bis zu 50 %igen Anteil an Rohfuttermitteln, insbesondere Grassilagen und Heu, erklärt werden.

Tabelle 24: Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Mischfuttermitteln Schwein, Geflügel und Rind in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009

Jahr	PCDD/F (WHO-TEQ) ng/kg TM in 88 v. H.TM (abzüglich Messunsicherheit*)						
	Schwein		Geflügel		Rind		
					Mischfutter		Totalmischration
2004			0,088	0,170			
2006	0,039						
2007	0,017	0,017	0,014	0,016	0,017	0,017	0,041
	0,019	0,024	0,016	0,019	0,017	0,020	
	0,025	0,025	0,020	0,027	0,026	0,027	
	0,026	0,027	0,035	0,046	0,028	0,029	
	0,034	0,048	0,052		0,034	0,042	
	0,052	0,067			0,069	0,110	
					0,170		
2008	0,019	0,022	0,019	0,020	0,022	0,030	0,063 0,098
	0,024	0,029	0,027	0,032	0,034	0,035	
	0,031	0,031	0,035	0,041	0,038	0,043	
	0,032	0,032	0,048	0,063	0,043	0,044	
	0,035	0,036			0,050	0,056	
	0,042	0,043			0,130		
	0,057						
2009	0,043	0,045	0,033	0,038	0,034	0,042	0,098 0,110 0,180
	0,046	0,050	0,041	0,043	0,046	0,052	
	0,056	0,070	0,044	0,052	0,052	0,056	
	0,077	0,077	0,053	0,057	0,059	0,059	
	0,110	0,130	0,057	0,057	0,130		
			0,085				
Medianwert	0,036		0,041		0,042		0,098

*MU 2004 und 2005 20 %, ab 2006 30 %

5.6.3.4 Zusatzstoffe

Durch Zusatzstoffe, die über Vormischungen in Mischfuttermittel eingemischt werden, insbesondere Spurenelementverbindungen, können Dioxine in Mischfutter eingetragen werden. In den Jahren 2004 bis 2009 wurden 16 Zusatzstoffe untersucht (Tabelle 25).

Für Zusatzstoffe der Gruppe Spurenelementverbindungen wurde für Dioxine ein Aktionsgrenzwert von 0,5 und ein Höchstgehalt von 1,0 ng/kg 88 v. H. TM gemäß Anlage 5 der FMVO festgelegt /43/. Für Harnstoff und Phytase wurde bisher kein futtermittelrechtlich relevanter Wert postuliert.

Die Ergebnisse der stichprobenartigen Untersuchungen der Spurenelementverbindungen zeigen, dass der geltende Grenzwert von 1,0 ng/kg 88 v. H. TM in keiner Probe überschritten wurde. Lediglich im Jahr 2007 konnte eine Überschreitung des Aktionsgrenzwertes nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind als Hintergrundbelastung zu bewerten.

Tabelle 25: Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Zusatzstoffen in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009

Jahr	PCDD/F (WHO-TEQ) ng/kg TM 88 v. H. TM (abzüglich Messunsicherheit*)		
	Spurenelementverbindungen	Harnstoff	Phytase
2004	0,066 0,110 0,140		0,053
2006	0,027		
2007	0,052 0,110 0,620		
2008	0,045 0,091 0,130 0,130		
2009	0,045 0,120 0,140	0,043	
Medianwert	0,110		

*MU 2004 und 2005 20 %, ab 2006 30 %

5.6.4 Zusammenfassung

Insgesamt gesehen sind die Ergebnisse der Untersuchungen an industriell hergestellten Mischfuttermittel und an Zusatzstoffen in Sachsen-Anhalt als Hintergrundbelastung einzuschätzen.

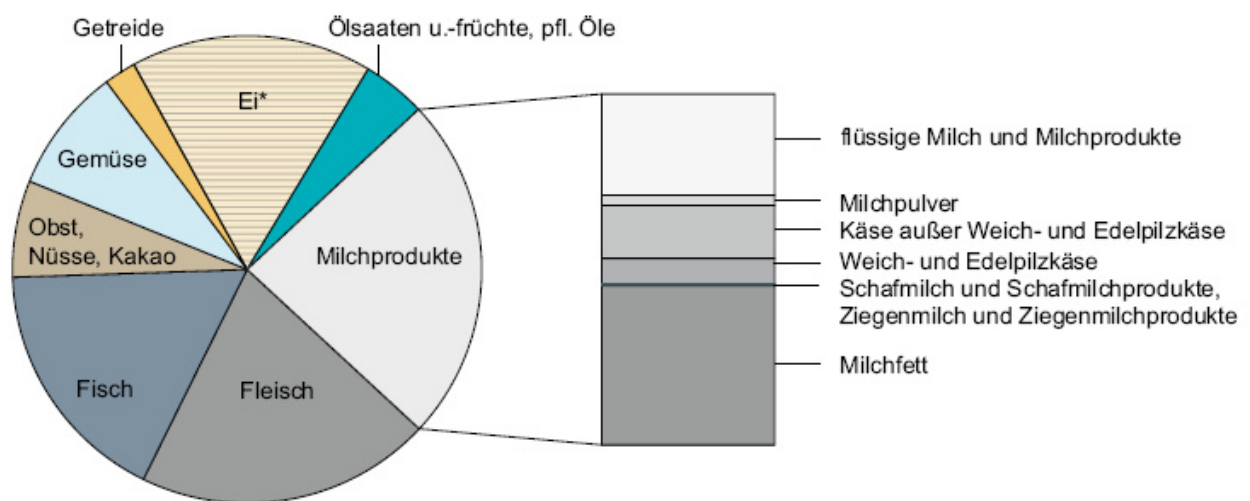
Bei den Einzelfuttermitteln ist die Bewertung differenzierter vorzunehmen. Futtermittelausgangserzeugnisse außer denen, die auf flussnahen Grünlandflächen produziert wurden, stellen sich als wenig problematisch dar.

Futtermittel, die von Grünlandflächen in Flussauen stammen, können zum Dioxineintrag in die Nahrungskette führen. Das trifft insbesondere für den Elbabschnitt nach der Saaleeinemündung sowie für Silagen und Heu zu. Die dargestellten Ergebnisse weisen darauf hin, dass es bei der Futterwerbung zu einer sekundären Kontamination mit Dioxinen kommen kann.

5.7 Untersuchungen von Lebensmitteln

5.7.1 Hauptquellen der Dioxinaufnahme

Haupteintragsquelle für die Dioxinexposition des Menschen sind mit über 90 % die Nahrungsmittel, wobei wegen der hohen Fettlöslichkeit dieser Verbindungen fettreiche Lebensmittel tierischen Ursprungs wie Milch, Fleisch, Eier und Fisch den größten Beitrag liefern. Landwirtschaftliche Nutztiere nehmen Dioxine vor allem über Bodenpartikel auf, einerseits direkt bedingt durch das Fressverhalten und andererseits durch Anhaftungen am Futtermittel. Im Fettgewebe der Tiere reichern sich die aufgenommenen Dioxine an, so dass daraus produzierte Lebensmittel entsprechend höhere Gehalte an diesen Verbindungen aufweisen können. Zu den Lebensmitteln mit hohen Dioxingehalten gehören Schafleber, Dorschleber sowie Fleisch von Wildtieren (Reh- und Schwarzwild) oder Wildgeflügel. Hinsichtlich der Verzehrsgewohnheiten der Bevölkerung sind diese Lebensmittel weniger relevant. Wie die Abbildung 31 verdeutlicht, liefern Milchprodukte, gefolgt von Fleisch, Fisch und Eiern den größten Beitrag zur Dioxinexposition des Menschen. Zu berücksichtigen ist in jedem Falle, dass auch Lebensmittel mit niedrigeren Konzentrationen an Dioxinen bei der Dioxinaufnahme eine Bedeutung haben, wenn sie in hohen Mengen verzehrt werden.



* Der Beitrag von „Ei“ ist mit höherer Unsicherheit verbunden und stellt eine Überschätzung dar

Abbildung 31: Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Aufnahme von PCDD/F und dl-PCB [38]

Betrachtet man die Rückstandsbelastung von Lebensmitteln der letzten Jahrzehnte, so zeigen beispielsweise die Kontaminationsdaten von PCDD/F bzw. dl-PCB für Milch bis in das Jahr 2000 eine stark rückläufige Tendenz, die sicher auf die Eindämmung industrieller Emissionsquellen zurückzuführen ist. Seitdem ist jedoch kein so deutlicher Rückgang der Dioxingehalte mehr zu beobachten [44]. Für einen Teil der deutschen Gesamtbevölkerung liegen die wöchentlichen Aufnahmemengen an Dioxinen und PCB mit durchschnittlich 12,7 - 16,9 pg WHO-

PCDD/F-PCB-TEQ/kg Körpergewicht noch über der zulässigen wöchentlichen Aufnahme, wobei deutliche Unterschiede bedingt durch besondere Ernährungsgewohnheiten auftreten können /45/. Der vom wissenschaftlichen Ausschuss für Lebensmittel der EU-Kommission (SFC) festgesetzte Wert für die tolerierbare wöchentliche Aufnahme (TWI – Wert, tolerable weakly intake) an Dioxinen und dl-PCB liegt bei 14 Pikogramm (pg) Dioxinäquivalenten (WHO-TEQ) je Kilogramm Körpergewicht. Dieser TWI-Wert entspricht der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) abgeleiteten tolerablen täglichen Aufnahmemenge (TDI- tolerable daily intake) von 1 - 4 pg WHO-TEQ/kg Körpergewicht.

5.7.2 Rechtliche Grundlagen und Bewertungskriterien

Als Bewertungskriterien für die Rückstandsbelastung von Lebensmitteln mit diesen Verbindungen gibt es neben **Höchstgehalten** auch **Auslösewerte**.

Die aktuell gültige Rechtsgrundlage zur Beurteilung der Belastung von Lebensmitteln mit Dioxinen und dl-PCB ist die Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 vom 19. Dezember 2006 (Kontaminanten-VO) /46/. Zur weiteren Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln wurden in der Empfehlung der Kommission (2006/88/EG) vom 6. Februar 2006 zusätzlich separate **Auslösewerte** für PCDD/F sowie für dl-PCB festgelegt /47/. **Auslösewerte** sind als Schwellenwerte anzusehen, bei deren Erreichen Untersuchungen zur Ermittlung und ggf. Maßnahmen zur Beschränkung oder Beseitigung der Kontaminationsquelle einzuleiten sind. Sie liegen in der Regel um ein bis zwei Drittel niedriger als die entsprechenden Höchstgehalte. Da Dioxine und dioxinähnliche PCB aus unterschiedlichen Quellen emittiert werden können, wurden getrennte Auslösewerte für die beiden Substanzgruppen festgelegt.

Im Zusammenhang mit der Neubewertung der Toxizitätsäquivalentfaktoren (s. Kapitel 4.4) war eine Überprüfung der Auslösewerte und Höchstgehalte erforderlich. Ab Januar 2012 gelten deshalb neue gesetzliche Regelungen. Für Auslösewerte wurde die entsprechende Regelung bereits veröffentlicht (Empfehlung der Kommission vom 23. August 2011 (2011/516/EU)) /49/. Mit Ausnahme der Werte für Rindfleisch liegen alle neuen Auslösewerte niedriger als die derzeit gültigen. Bei einigen Lebensmitteln wurde auf eine Festlegung von Auslösewerten verzichtet; da eine Ursachenermittlung für die Überschreitung als unnötig erachtet wird, wenn sie auf die allgemeine Umweltverschmutzung zurückzuführen ist.

Die zukünftig gültigen Höchstgehalte liegen für alle Lebensmittel niedriger als die bisher festgelegten Werte. Außerdem wird die neue Höchstgehaltsregelung durch einen europaweit geltenden und gegenüber der nationalen Regelung (in der Kontaminanten-Verordnung – KmV) strengen Höchstgehalt für nicht dioxinähnliche PCB ergänzt.

Eine Auswahl relevanter Auslösewerte bzw. Höchstgehalte sind in Tabelle 26 zusammengetragen.

Tabelle 26: Gesetzlich festgelegte Auslösewerte und Höchstgehalte für PCDD/F und dl-PCB ausgewählter Lebensmittel (Angaben in pg/g Fett)

Erzeugnis	Auslösewert WHO-PCDD/F-TEQ		Auslösewert WHO-dl-PCB-TEQ		Höchstgehalt WHO-PCDD/F-TEQ	Höchstgehalt WHO-PCDD/F-PCB-TEQ
	aktuell	ab 2012	aktuell	ab 2012		
Fleisch (Rind, Schaf)	1,5	1,75	1,0 (2,0 ¹)	1,75	3,0	4,5
Fleisch (Geflügel, Farmwild)	1,5	1,25	1,5	0,75	2,0	4,0
Fleisch (Schwein)	0,6	0,75	0,5	0,5	1,0	1,5
Leber (Rind, Schaf)	4,0		4,0		6,0	12,0
Fisch außer Aal ²	3,0	1,5	3,0	2,5	4,0	8,0
Aal ²	3,0		6,0		4,0	12,0
Milch	2,0	1,75	2,0	2,0	3,0	6,0
Hühnereier	2,0	1,75	2,0	1,75	3,0	6,0
Obst, Gemüse, Getreide ³	0,4	0,3	0,2	0,1	-	-

¹ Auslösewert für dl-PCB in Rindfleisch von der Arbeitsgruppe Fleisch- und Geflügelfleischhygiene und fachspezifische Fragen in Lebensmitteln tierischer Herkunft (AFFL) der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) im Jahr 2010 angehoben /48/

² pg/g Frischgewicht WHO-TEQ

³ ng/kg Erzeugnis WHO-TEQ

Bei der Untersuchung von Lebensmitteln auf Dioxine und PCB müssen neben den allgemeinen Anforderungen an das Qualitätsmanagement eines akkreditierten Labors auch die gesetzlichen Vorgaben zur Probennahme und Analytik berücksichtigt werden, die in der Verordnung (EG) Nr. 1883/2006 vom 19. Dezember 2006 zusammengefasst sind (siehe Kapitel 4.4). In dieser Verordnung ist u. a. festgelegt, dass für die rechtliche Beurteilung der Proben die Messunsicherheit der Analysenmethode zu berücksichtigen ist. Das bedeutet, auch wenn der ermittelte Dioxin-Gehalt einer Probe oberhalb des Höchstgehaltes liegt, wird diese Probe noch als verkehrsfähig beurteilt, wenn nach Abzug der Messunsicherheit der Wert unter dem zulässigen Höchstgehalt liegt. In diesen Fällen muss in Zusammenarbeit mit den betroffenen Unternehmen eine Ursachenforschung durchgeführt werden, um möglichst schnell die Kontaminationsquelle zu ermitteln und letztendlich auch zu beseitigen. Für die nachfolgenden Betrachtungen werden jedoch stets die ermittelten Gehalte **ohne** Abzug der Messunsicherheit diskutiert.

5.7.3 Untersuchungen von Lebensmitteln auf PCDD/F und dl-PCB

Die Untersuchung von Lebensmitteln und Futtermitteln auf Dioxine und PCB im Land Sachsen-Anhalt wird seit dem Jahre 2005 durch einen gemeinsamen Erlass des Ministeriums für Gesundheit und Soziales (MS) und des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt (MLU) geregelt, um die vorhandenen Untersuchungskapazitäten im Landesamt für Umweltschutz (LAU) möglichst optimal zu nutzen /50/. Dieser Erlass gilt jeweils für 2 Jahre und wird insbesondere hinsichtlich Art und Umfang der zu untersuchenden Proben aktualisiert. Alle im Rahmen dieses Erlasses erhobenen Untersuchungsergebnisse werden an die Dioxindatenbank des Bundes übermittelt.

Auch in den weiter zurückliegenden Jahren wurden Lebensmittel in Sachsen-Anhalt auf Dioxine untersucht, beispielsweise Fische und Eier. Auf diese Ergebnisse wird im Weiteren nur kurz eingegangen. Die nachfolgenden Betrachtungen zu den Lebensmitteluntersuchungen auf Dioxine und PCB betrachten hauptsächlich den Zeitraum ab 2005.

Gemäß den Vorgaben des o. a. Erlasses werden jährlich ca. 70 Lebensmittelproben auf Dioxine und PCB untersucht. Um die Kontaminationssituation von Lebensmitteln in Sachsen-Anhalt zu erfassen, werden vorrangig einheimische Produkte ausgewählt. Eine zielgerichtete Probenahme in Abhängigkeit von landwirtschaftlichen Erzeugerstrukturen sowie unter Berücksichtigung möglicher Risikofaktoren anhand des vorhandenen Datenmaterials zur Boden/Wasser-Belastung insbesondere der Überschwemmungsgebiete von Elbe und Mulde steht dabei im Vordergrund der Untersuchungen. Außerdem wird eine parallele Untersuchung von Futtermitteln und Lebensmitteln in den jeweiligen Betrieben angestrebt.

Auf Grund der eingangs erwähnten höheren Relevanz werden überwiegend Lebensmittel tierischen Ursprungs beprobt. Fester Bestandteil dieser Probenplanungen sind Fischproben, die im Rahmen des Flussfischüberwachungssystems (FÜS) Sachsen-Anhalt untersucht werden (ca. 12 Proben jährlich) sowie Hühnereier, die gemäß Nationalem Rückstandskontrollplan (NRKP) gefordert sind (ca. 6 Proben jährlich). Sofern bundesweit Vorgaben zur Beprobung bestimmter Lebensmittelgruppen vorliegen, werden diese ebenfalls aus dem jährlichen Probenkontingent realisiert. Nicht planbar sind hingegen zusätzliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Dioxingeschehen, die keinen regionalen Bezug haben, sondern durch die Verbreitung belasteter Lebensmittel, Futtermittel bzw. Futtermittelzusatzstoffe deutschlandweit, europaweit oder sogar weltweit für Probleme sorgen und nicht selten zu Höchstgehaltsüberschreitungen in den betroffenen Lebensmitteln führen. Diese Untersuchungen stehen stets besonders im Blickpunkt der Medien, sollen jedoch im Folgenden nicht weiter diskutiert werden.

Seit 2005 wurden insgesamt 450 Lebensmittelproben auf Dioxine und PCB untersucht. Die Verteilung auf die einzelnen Warengruppen ist in Abbildung 32 dargestellt.

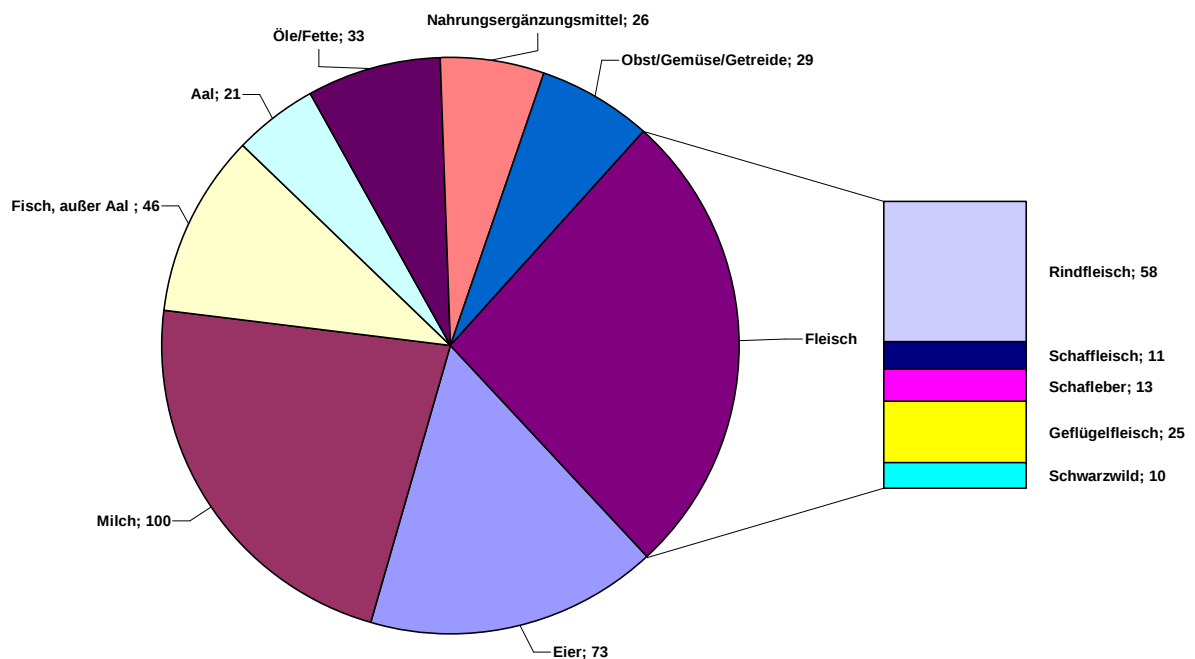


Abbildung 32: Aufteilung der untersuchten Lebensmittelproben (2005 - 2010) auf die verschiedenen Warengruppen

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der untersuchten Lebensmittel aus Sachsen-Anhalt eine geringe Belastung mit polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzo-p-furanen (PCDF) sowie dioxinähnlichen und nichtdioxinähnlichen PCB aufwies. Sämtliche Proben pflanzlicher Öle/Fette, alle Proben Nahrungsergänzungsmittel (hier wurden vorrangig Lachsölkapseln untersucht), die Obst-, Gemüse- und Getreideproben sowie auch der überwiegende Teil der Lebensmittel tierischen Ursprungs waren unauffällig hinsichtlich ihrer Kontamination mit Dioxinen und PCB.

Die anschließende Diskussion beschränkt sich auf ausgewählte Warengruppen tierischen Ursprungs.

5.7.3.1 Untersuchungen von Milchproben

Seit 2005 wurden insgesamt 100 Proben Milch untersucht, dabei handelte es sich vorwiegend um Rohmilch aus landwirtschaftlichen Betrieben mit Bewirtschaftung im Bereich der Überschwemmungsgebiete von Elbe und Mulde. Die jährlichen Mittelwerte der Ergebnisse sind in Abbildung 33 zusammengetragen.

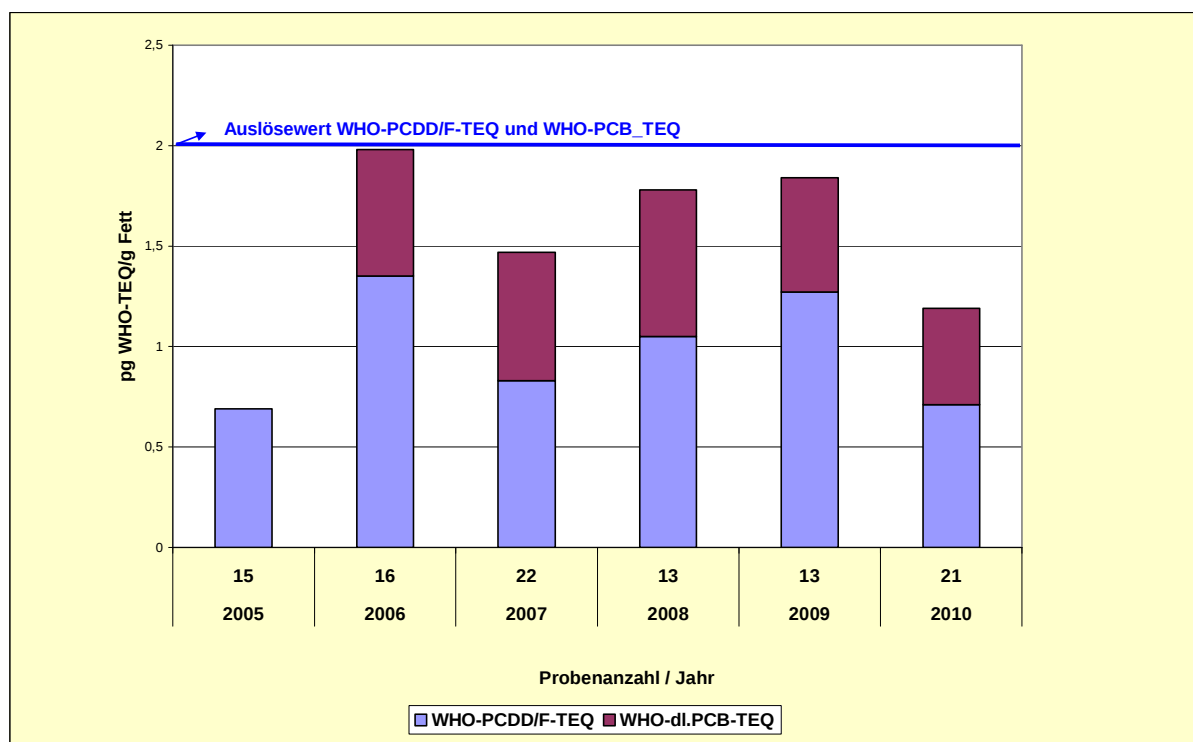


Abbildung 33: Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Milchproben 2005 bis 2010

Sowohl die jeweiligen Jahresdurchschnittsgehalte als auch die Anzahl der detektierten Überschreitungen der Auslösewerte (7 x für WHO-PCDD/F-TEQ und 2 x für WHO-PCB-TEQ) bzw. Höchstgehalte (in 2 Fällen wurde der Höchstgehalt für WHO-PCDD/F-TEQ überschritten) belegen insgesamt eine geringe Belastung der untersuchten Milchproben.

Tabelle 27: WHO-PCDD/F-TEQ-Gehalte der untersuchten Milchproben von 2005 bis 2010 (Angaben in pg/g Fett)

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Betriebe	14	12	21	12	13	20
Proben	14	16	22	12	12	21
Mittelwert	0,89	1,35	0,83	1,05	1,27	1,01
Median	0,69	1,02	0,47	0,48	0,71	0,62
Minimum	0,37	0,43	0,23	0,28	0,32	0,27
90.Percentil	1,4	2,5	1,6	1,8	2,8	2,4
95.Percentil	1,9	3,0	1,8	2,4	2,9	3
Maximum	2,62	3,3	4,7	3,3	3	3,6

Ein deutlicher Trend hinsichtlich einer abnehmenden Dioxinbelastung lässt sich aus den dargestellten Werten nicht ableiten. Bei der Betrachtung der gemittelten Werte ist zu berücksichtigen, dass es sich hier nicht um zufällige Stichprobenuntersuchungen, sondern um gezielte risikoorientierte Probennahme handelt. Festgestellte Überschreitungen der Auslösewerte bzw. Höchst-

gehalte gehen in der Regel einher mit auffälligen Befunden beim verwendeten Futtermittel bzw. von parallel untersuchten Fleischproben der Tiere des betroffenen Bestandes. Wenn ein belastetes Futtermittel als Ursache für erhöhte Dioxingehalte ermittelt wurde, lässt sich anhand der Matrix Milch ein Rückgang der Kontamination nach dem Absetzen des entsprechenden Futtermittels gut verfolgen. Ein entsprechendes Fallbeispiel aus dem Jahre 2006 ist in Abbildung 34 dargestellt.

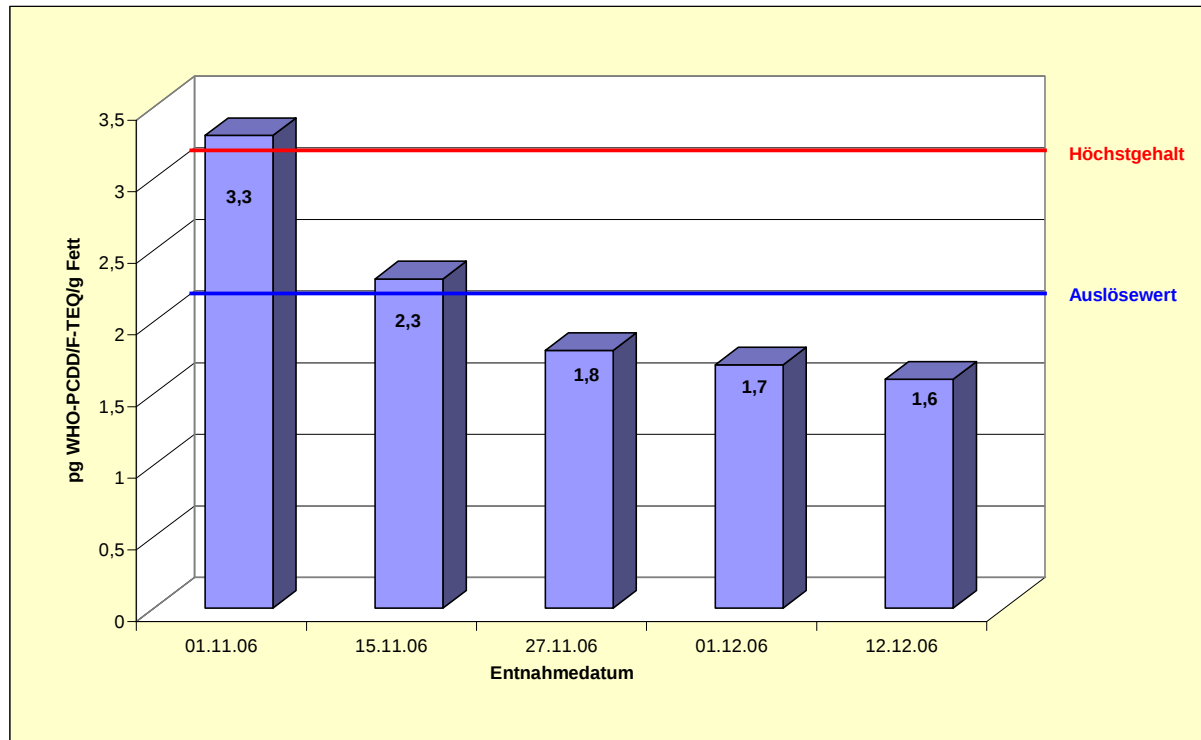


Abbildung 34: Fallbeispiel für zeitlichen Verlauf der Dioxinbelastung in Rohmilch nach Absetzen des belasteten Futtermittels

5.7.3.2 Untersuchungen von Rindfleisch

Die Untersuchung von Rindfleisch erfolgt unter besonderer Berücksichtigung der Tierbestände im Bereich der Flussauen von Elbe und Mulde. Hier erweist sich die gezielte Probennahme oft als problematisch, da die Schlachtung der Tiere häufig in anderen Landkreisen oder gar Bundesländern erfolgt. Seit 2005 wurden 58 Rindfleischproben auf Dioxine untersucht. Bei den untersuchten Rindfleischproben ist häufig ein höherer Anteil an dioxinähnlichen PCB am Gesamtgehalt an WHO-TEQ zu beobachten. Damit bestätigt sich ein bundesweit festgestellter Trend. Die Untersuchungsergebnisse des Bundes und der Länder aus den Jahren 2006 bis 2008 weisen hohe Überschreitungsraten (39 % bis 68 %) des EU-Auslösewertes für dioxinähnliche PCB in Höhe von 1 pg WHO-PCB-TEQ/g Fett in Rindfleisch auf. Da dabei keine punktuellen Kontaminationsquellen ermittelt werden konnten, wurde daraus geschlossen, dass der EU-Auslösewert im Bereich der für Rindfleischproduzenten unvermeidbaren Hintergrundbelastung mit dioxinähnlichen PCB in Deutschland liegt. Als Konsequenz wurde der Auslösewert für dl-PCB in Rindfleisch von der Arbeitsgruppe Fleisch- und Geflügelfleischhygiene und fachspezifi-

sche Fragen in Lebensmitteln tierischer Herkunft (AFFL) der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) im Jahr 2010 auf 2,0 pg WHO-PCB-TEQ/g Fett in Rindfleisch angehoben /48/.

Bei der Bewertung der Gehalte ist zu berücksichtigen, dass einerseits nur geringe Probenzahlen zur Verfügung standen und andererseits Nachproben aus Betrieben mit auffälligen Werten in die Statistik mit einfließen. Die jährlichen Gehalte an Dioxinen und dl-PCB sind in den Abbildungen 35 und 36 separat in Boxplots dargestellt, so dass die teilweise erheblichen Differenzen zwischen Maximal- und Medianwerten besser veranschaulicht werden (siehe auch Tabelle 28).

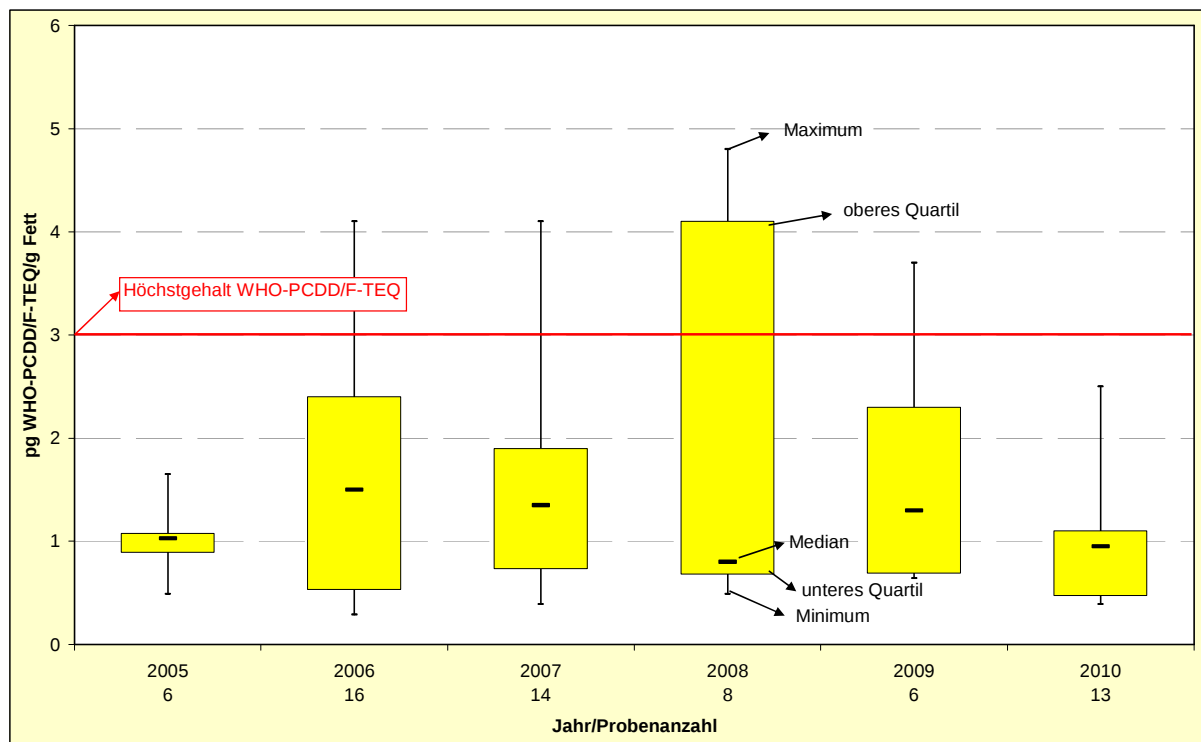


Abbildung 35: WHO-PCDD/F-TEQ-Gehalte in Rindfleischproben 2005 bis 2010

Tabelle 28: WHO-TEQ Gehalte der untersuchten Rindfleischproben von 2005 bis 2010 (alle Gehaltsangaben in pg/g Fett)

Jahr	2005	2006			2007			2008			2009			2010		
Betriebe	6	11			9			7			6			13		
Proben	6	12			13			8			6			13		
Parameter	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCB-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ
Mittelwert	0,85	1,44	0,90	2,34	1,40	4,01	5,42	2,06	5,49	7,55	1,69	1,66	3,33	1,08	1,91	3,01
Median	0,93	0,65	0,86	1,55	1,10	2,00	3,90	0,80	2,30	3,30	1,32	1,35	3,60	0,95	1,70	2,70
Minimum	0,49	0,29	0,40	0,73	0,39	0,43	1,10	0,49	0,41	0,90	0,64	0,39	1,00	0,39	0,59	0,98
90.Percentil	1,05	3,80	1,10	4,62	2,30	10,10	13,18	4,45	13,60	18,07	3,10	3,05	5,20	2,16	2,80	4,06
95.Percentil	1,06	3,98	1,60	4,82	2,86	11,70	14,65	4,60	18,50	23,14	3,34	3,31	5,32	2,32	4,40	5,82
Maximum	1,07	4,10	2,30	5,00	3,70	14,70	16,40	4,80	25,10	29,90	3,70	3,70	5,50	2,50	6,40	8,40

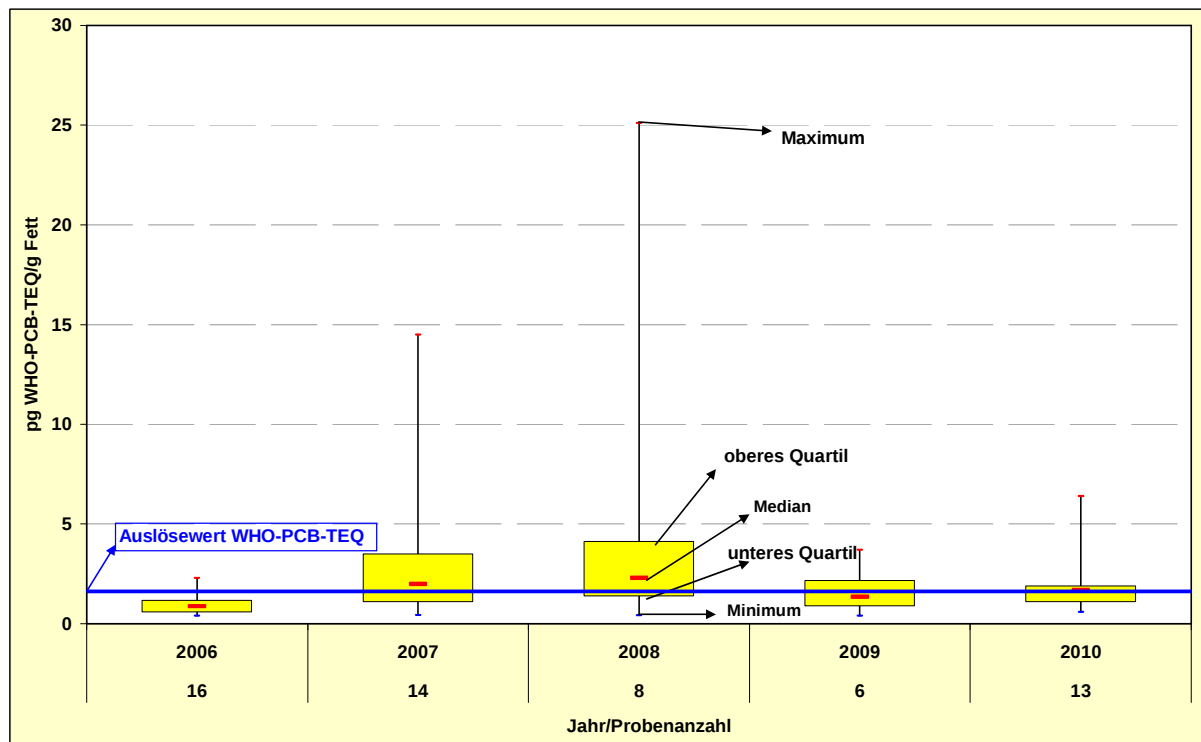


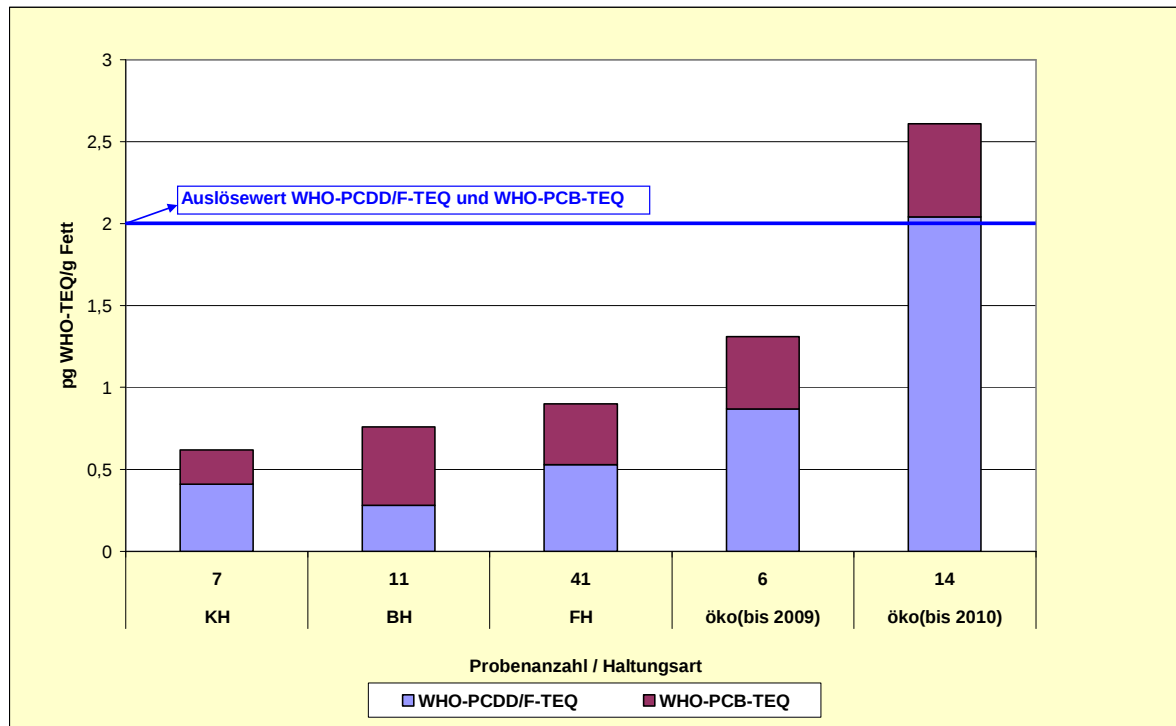
Abbildung 36: WHO-PCB-TEQ-Gehalte in Rindfleischproben 2006 bis 2010

5.7.3.3 Untersuchungen von Hühnereiern

Seit 2005 gilt für Eier von Hühnern aus Freilandhaltung der gleiche Dioxin-Höchstgehalt wie für Eier aus Käfighaltung, eine bis dahin gültige Ausnahmeregelung für Eier dieser Haltungsart trat damit außer Kraft. In diesem Zusammenhang erfolgte bundesweit eine verstärkte Kontrolle der Dioxinbelastung von Eiern der verschiedenen Haltungsarten.

Hühner aus Freilandhaltung können beim Picken Dioxine aus dem Boden aufnehmen, die sich dann in den Eiern, speziell im Eifett, ablagern, was jeweils durch die regionalen Belastung des Bodens beeinflusst ist.

Die in Sachsen-Anhalt durchgeführten Untersuchungen von Hühnereiern ergaben, dass es hinsichtlich der unterschiedlichen Haltungsarten zwar keine gravierenden Unterschiede gibt. Tendenziell liegen die Dioxingehalte in Hühnereiern aus Freiland und besonders auch aus ökologischer Haltung höher als bei konventioneller Boden- bzw. der früher üblichen Käfighaltung. Vereinzelt wurden Auslösewertüberschreitungen für Dioxine bei Eiern von Hühnern aus Freilandhaltung festgestellt. Dabei handelte es sich in der Regel um kleinere Betriebe. Im Jahre 2010 wurden 9 Proben Hühnereier im Zusammenhang mit einem Dioxingeschehen untersucht, von dem ausschließlich Bio-Betriebe betroffen waren. Diese Proben wiesen durchweg eine höhere Belastung mit PCDD/F auf, bei zwei Proben war der Auslösewert und in einer Probe sogar der Höchstgehalt für PCDD/F überschritten.



(KH – Käfighaltung, BH – Bodenhaltung, FH – Freilandhaltung, öko – ökologische Hühnerhaltung)

Abbildung 37: Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Hühnereiern aus unterschiedlicher Hühnerhaltung 2005 bis 2010

Als Ursache dieses Dioxinfallendes wurde dioxinbelasteter Bio-Mais aus der Ukraine ermittelt, der über einen niederländischen Futtermittelhersteller an diverse Bio-Geflügelbetriebe deutschlandweit vertrieben wurde. Da diese Proben die Gesamtauswertung verzerren, sind sie in Abbildung 37 separat in der letzten Kategorie „öko bis 2010“ mit erfasst. Sie belegen anschaulich, welchen Einfluss belastete Futtermittel auf die Qualität der Endprodukte / Lebensmittel haben können.

5.7.3.4 Untersuchungen von Fischen

Die Untersuchung von Fischen auf Dioxine und dioxinähnliche PCB erfolgt im Rahmen des Fischüberwachungssystems (FÜS) Sachsen-Anhalt. Zur Überwachung der Rückstandssituation von Fischen aus der Elbe, deren Nebengewässern und Binnengewässern sind gemäß Erlass /51/ jährlich insgesamt 100 Proben (bevorzugt Aal, Zander und Brassen) zu entnehmen, wobei im zweijährigen Turnus Fische aus dem Flussbett der Elbe bzw. Fische aus Nebengewässern der Elbe und Binnengewässern beprobt werden. Es werden jeweils Einzelfische untersucht. Das Untersuchungsspektrum umfasst neben chlororganischen Pestiziden und Kontaminanten auch die Untersuchung auf Schwermetalle (Quecksilber). Zwölf Proben jährlich sind zusätzlich auf Dioxine und dioxinähnliche PCB zu untersuchen. In der Übersichtskarte (Abbildung 38) sind die Probennahmestellen zusammengetragen.

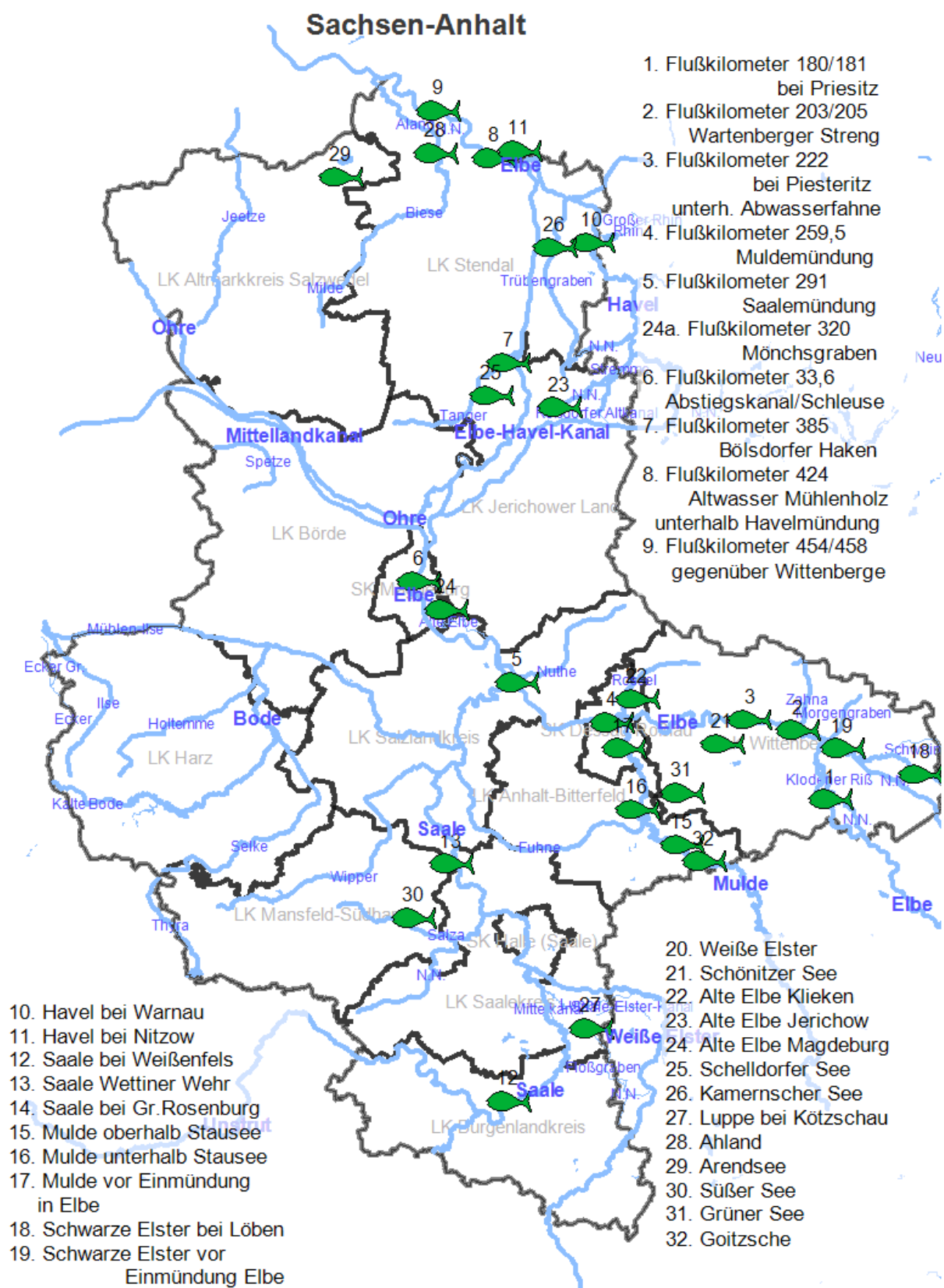


Abbildung 38: Probennahmestellen des Fischüberwachungssystems (FÜS) Sachsen-Anhalt

Eine entsprechende Zusammenfassung von Daten ist ab dem Jahre 2003 verfügbar. Elbefische wurden jeweils in ungeraden Jahren untersucht.

Im Zeitraum von 2003 - 2010 wurden in diesem Programm insgesamt 99 Fische auf Dioxine untersucht, davon 56 aus der Elbe und 43 aus Nebengewässern der Elbe wie Saale, Mulde sowie Weiße und Schwarze Elster. Hinsichtlich der Fischarten sind Aale getrennt zu betrachten, da sie durch ihren hohen Fettgehalt oft deutlich höhere Rückstandsgehalte aufweisen. Der Aal ist ein Wanderfisch, demzufolge haben die einzelnen Individuen eine unterschiedliche Expositionszeit mit Schadstoffen. Für Aale gibt es deshalb auch separate Auslösewert- und Höchstgehaltsfestlegungen. Unter der Rubrik „andere Fische außer Aal“ sind alle anderen untersuchten Fischarten zusammengefasst. Den größten Anteil haben dabei Brassen; wegen ihres begrenzten Aktionsradius sind sie für standortspezifische Kontaminationsuntersuchungen besonders geeignet. In Abbildung 39 ist die Häufigkeitsverteilung der untersuchten Fischarten dargestellt.

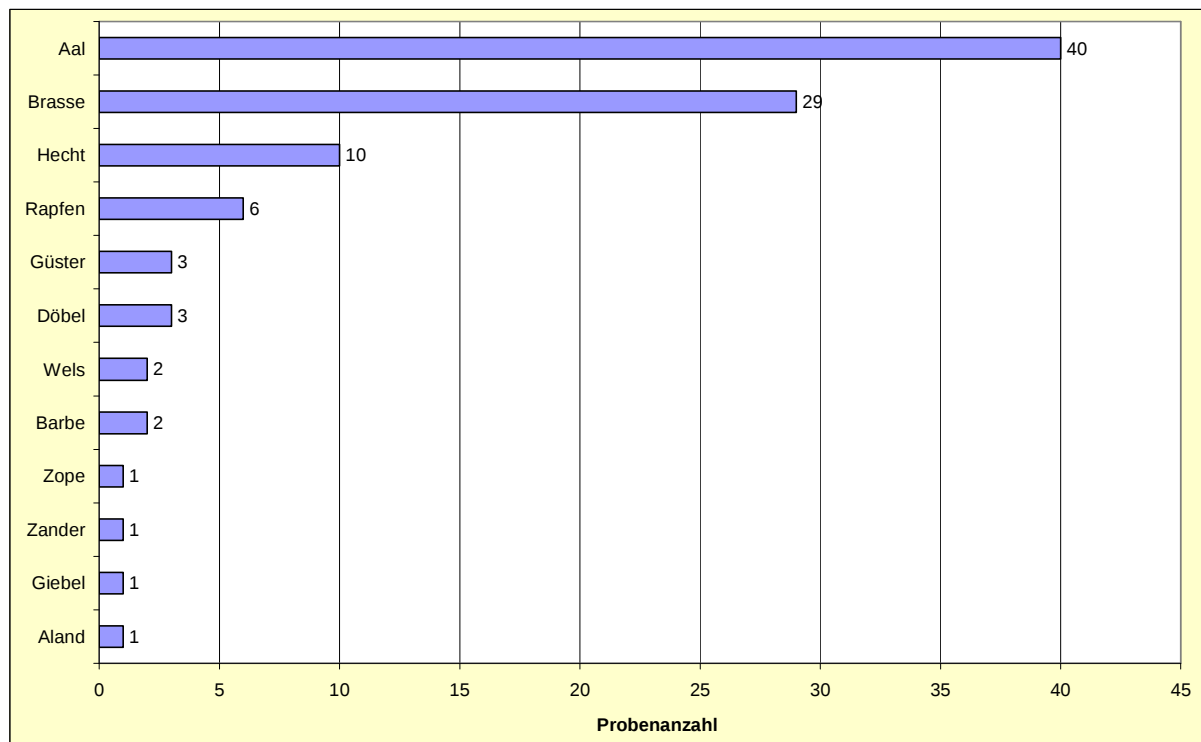


Abbildung 39: Fischproben im Rahmen des FÜS untersucht von 2003 bis 2010

Die Rückstandsbelastung der untersuchten Fische mit Dioxinen ist insgesamt nicht auffällig. Der zulässige Höchstgehalt für Dioxine war nur bei einer Aalprobe aus der Elbe (Entnahmestelle 7 – Elbe-Abstiegskanal) überschritten, je eine Probe Aal bzw. Brasse aus der Saale bei Groß Rosenberg (Entnahmestelle 14) wiesen Dioxingehalte oberhalb des Auslösewertes auf. Ein Vergleich der Kongenerenverteilungen der Dioxine lässt fischartspezifische Unterschiede erkennen (siehe Abbildung 40), weitere Aussagen auf Grund der geringen Datengrundlage jedoch nicht zu.

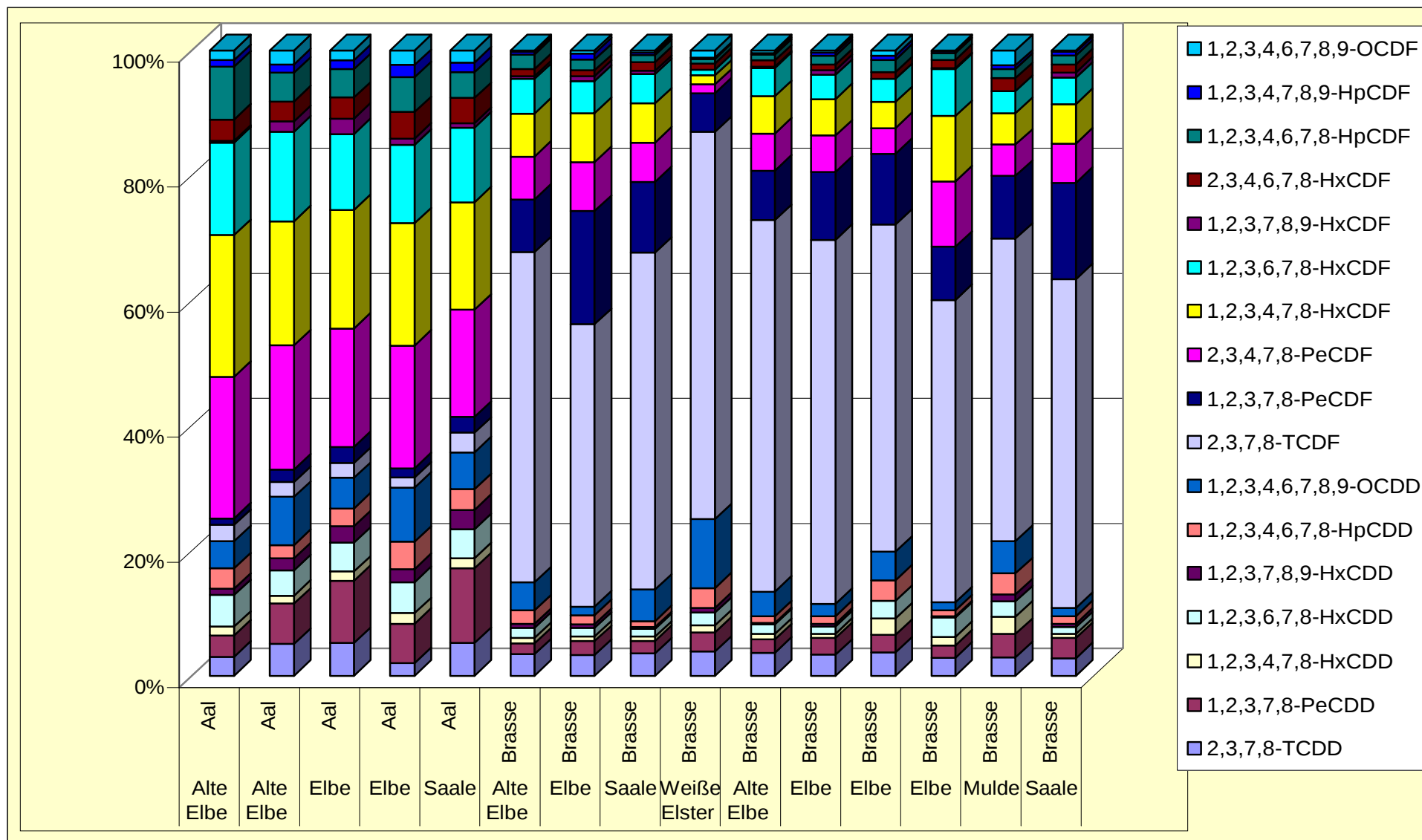


Abbildung 40: Gegenüberstellung der Kongenerenverteilung für Dioxine von Aal und Brassen (2008 bis 2010)

Typisch für alle untersuchten Fische sowohl aus der Elbe als auch aus den Nebengewässern ist der im Vergleich zu den Dioxinen deutlich höhere Gehalt an dioxinähnlichen PCB. Wie die Abbildung 41 veranschaulicht, wiesen die Aalproben sowohl aus der Elbe (Entnahmestellen 4 - Elbe-Muldemündung, 5 - Elbe-Saalemündung Barby, 6 - Elbe Abstiegskanal und 7 - Bölsdorfer Haken) als auch aus den Nebengewässern (13 - Saale Wettiner Wehr, 14 - Saale bei Groß Rosenberg, 20 - Weiße Elster, 24 - Alte Elbe - Magdeburg) einen hohen Anteil an Überschreitungen des Auslösewertes für dl-PCB und auch des Höchstgehaltes für die Summe aus Dioxinen und dl-PCB auf. Bei den anderen Fischarten lagen vereinzelt Auslösewertüberschreitungen vor; bei Rapfen (19 - Schwarze Elster vor Einmündung in Elbe), Barbe (6 - Elbe Abstiegskanal) und Güster (1 - Elbe bei Priesnitz), eine Höchstgehaltsüberschreitung für die Summe aus Dioxinen und dl-PCB wurde bei einer Barbe aus der Elbe (4 - Elbe-Muldemündung) ermittelt.

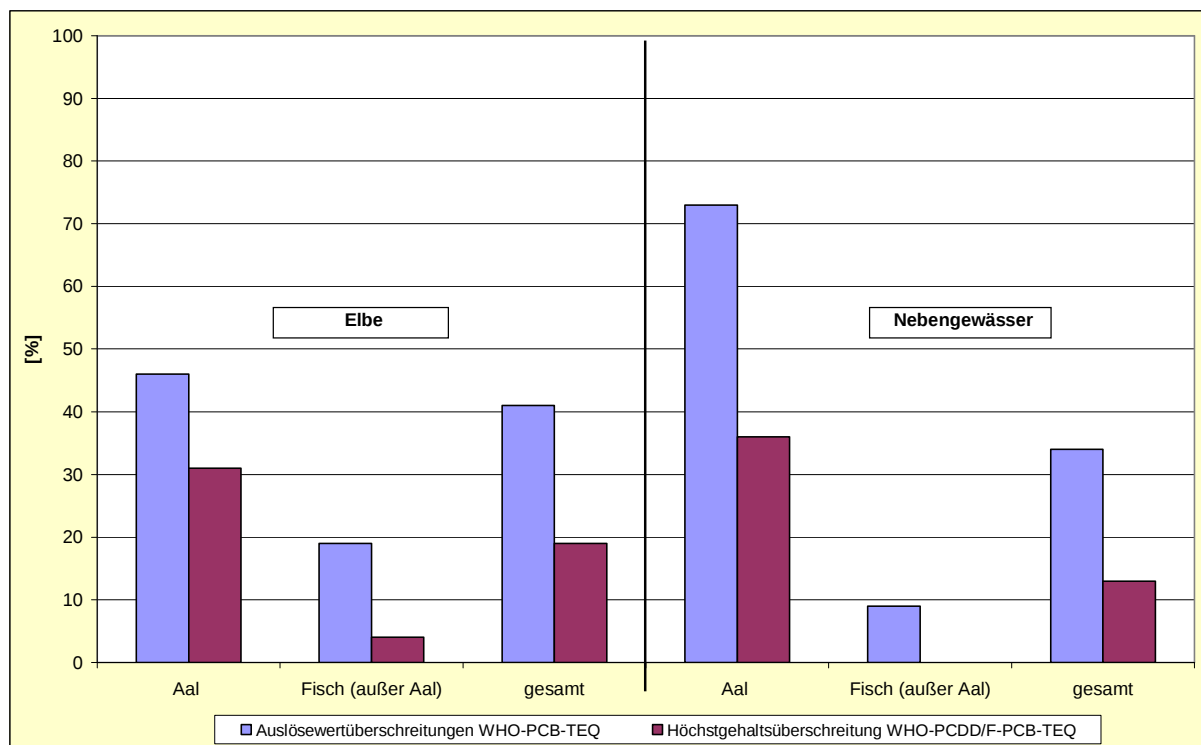


Abbildung 41: Prozentualer Anteil an Überschreitungen des Auslösewertes für WHO-PCB-TEQ bzw. des Höchstgehaltes für WHO-PCDD/F-PCB-TEQ der untersuchten Fischproben von 2003 bis 2010

Ein Vergleich der Kongenerenmuster der dioxinähnlichen PCB für die untersuchten Fische von 2008 bis 2010 ist in Abbildung 42 dargestellt. Im Gegensatz zu den Dioxinen zeigen sich hier keine gravierenden Unterschiede sowohl im Hinblick auf die Fischart als auch auf die Herkunft der Fische.

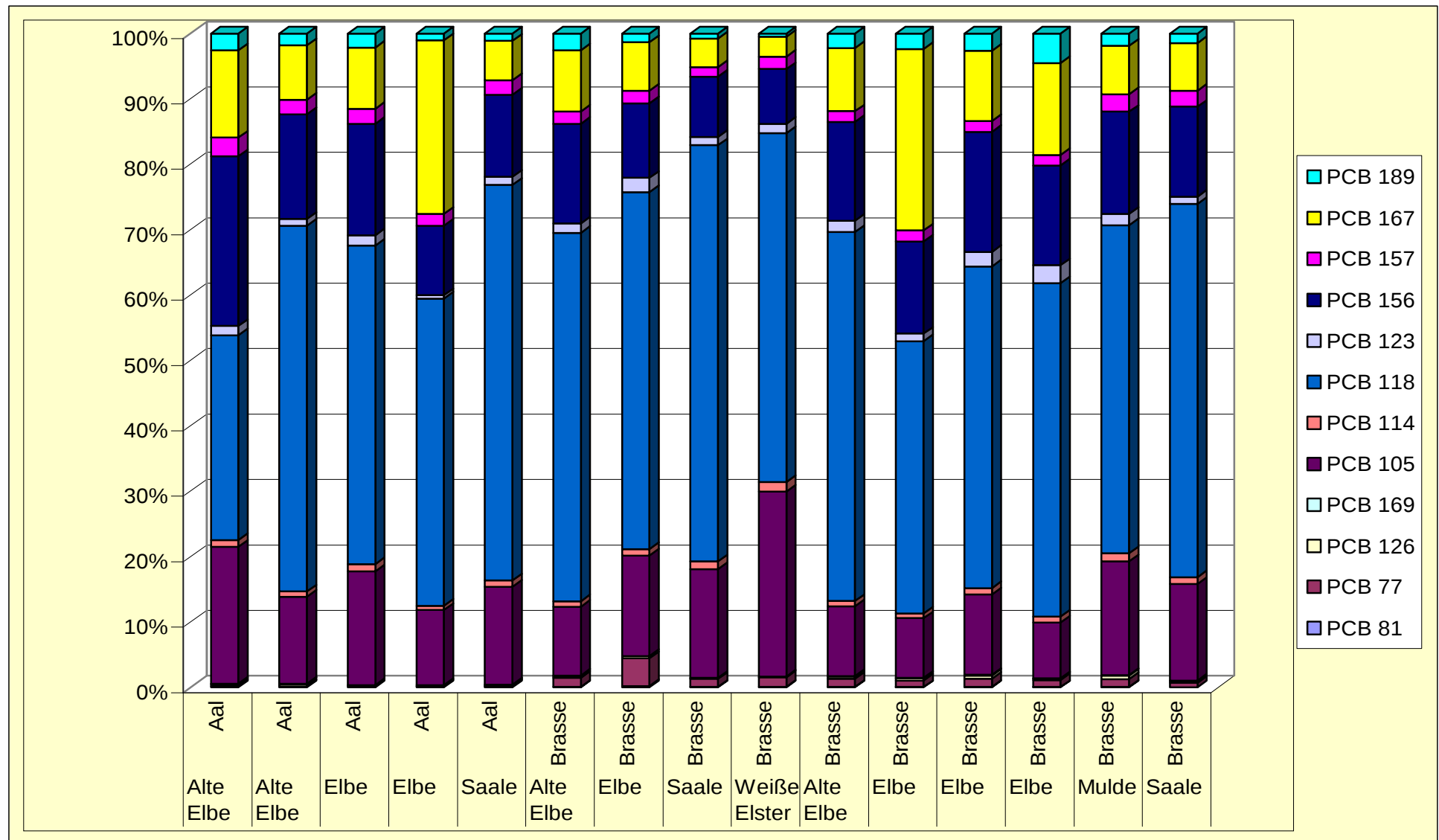


Abbildung 42: Gegenüberstellung der Kongenerenverteilung für dioxinähnliche PCB von Aal und Brassen (2008 bis 2010)

Auch hier ist anzumerken, dass die verfügbaren Daten zur Dioxinbelastung von Fischen aus der Elbe bzw. den Nebengewässern nicht repräsentativ für die Gesamtbelastung der Flussfische sein können, sie dienen lediglich als Hinweis für die tendenzielle Kontamination der Fische der beprobten Gewässer. In Abbildung 43 sind dazu die durchschnittlichen WHO-TEQ-Gehalte der jährlich untersuchten Proben zusammengefasst. Eine Untersuchung auf dioxinähnliche PCB erfolgte erst ab dem Jahre 2004. Für eine gesicherte statistische Auswertung wären neben der Art und Anzahl der Fische auch deren Größe, Alter, Fettgehalt, Ernährungszustand sowie die Fangzeit zu berücksichtigen, da alle diese Faktoren die WHO-TEQ-Gehalte beeinflussen können.

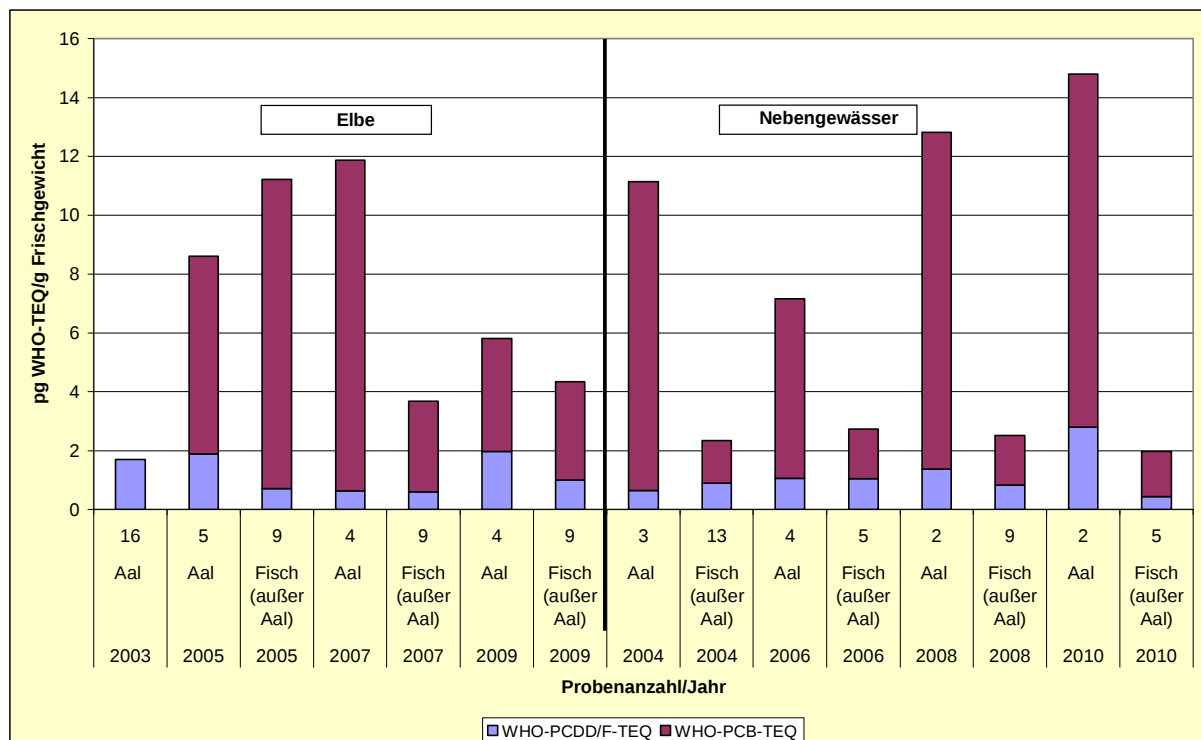


Abbildung 43: Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Fischproben von 2003 bis 2010

5.7.4 Zusammenfassung

Betrachtet man die Rückstandsbelastung von Lebensmitteln der letzten Jahrzehnte, so zeigen beispielsweise die Kontaminationsdaten von PCDD/F bzw. dl. PCB für Milch bis in das Jahr 2000 eine stark rückläufige Tendenz, die sicher auf die Eindämmung industrieller Emissionsquellen zurückzuführen ist. Seitdem ist jedoch kein so deutlicher Rückgang der Dioxingehalte mehr zu beobachten. Insgesamt lässt sich aber feststellen, dass der überwiegende Teil der untersuchten Lebensmittel aus Sachsen-Anhalt eine geringe Belastung mit polychlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzop-furanen (PCDF) sowie dioxinähnlichen und nichtdioxinähnlichen PCB aufwies.

6 Regionale Untersuchungen / Sondermessprogramme

6.1 Ökologisches Großprojekt „Bitterfeld-Wolfen“

6.1.1 Historie

Im Jahr 1991 wurden im Raum Bitterfeld flächendeckende Dioxin-Untersuchungen durchgeführt, die zeigten, dass im Ergebnis der industriellen Nutzung z. T. erhebliche Bodenbelastungen festzustellen waren. Als Hauptbelastungsbereich stellte sich der unmittelbare Einflussbereich des ehemaligen Chemiekombinats Bitterfeld-Wolfen heraus. Das Werksgelände hat eine Fläche von 5,3 km² bei einer Nord-Süd-Ausdehnung von 5,6 km und einer maximalen Ost-West-Ausdehnung von 2,5 km.

Als Ursachen wurden Anfang der 90er Jahre vor allem die Emissionen im Zuge der Produktion chlorhaltiger Chemikalien (Chlorphenole, polychlorierte Biphenyle - PCB usw.), die Bewässerung von landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen mit kontaminiertem Oberflächenwasser sowie die intensive Anwendung der produzierten Pestizide in der Landwirtschaft und zur Unkrautvernichtung an Bahngleisen und Straßenrändern gesehen.

Obwohl auch heute keine zuverlässigen Angaben zu konkreten Emissionsorten vorliegen, hat sich mit den im Zuge der Altlastenerkundung und -sanierung am Standort einhergehenden Recherchen, Untersuchungen und Datenaus- und -bewertungen zunehmend die ehemalige Leichtmetallproduktion für den Flugzeugbau (bis 1945) als Hauptursache herauskristallisiert. Die Herstellung von Leichtmetallen im Bitterfelder und Dessauer Raum für die Rüstungsindustrie des 3. Reiches gilt heute als bedeutendste ehemalige Dioxin-Quelle im Großraum Bitterfeld. Die Verteilung der Dioxine erfolgte dabei partikelgebunden sowohl mit den Abgasen als auch mit den Abwässern, die über die lokalen Vorfluter in die Mulde und Elbe abgegeben wurden und führte somit zu einer flächenübergreifenden Belastung des Bitterfelder Raumes und der abstromig gelegenen Oberflächengewässer.

Weitere Quellen stellten außerdem die Abgase aus der Aufbereitung von Altmetall, vor allem Aluminium, sowie die Emissionen (Aschen) der Kraftwerke dar, wo bei Anwesenheit von Chlor ebenfalls Dioxine entstanden sind. Von den ehemaligen Produktionsbetrieben des Chemiekombinates Bitterfeld sind weiterhin die Pflanzenschutzmittelproduktion (Trazalex, Hormit, DDT etc.) sowie die Chlorbenzol-Produktion als Dioxin-Emittent zu sehen.

6.1.2 Bodenbelastungen, Gefahrenabwehrmaßnahmen

Die Bewertung der nachfolgend dargestellten Bodenbelastungen basiert auf den aktuellen Regelungen von BBodSchG/BBodSchV (siehe Kapitel 3.3). Diese sehen für Industrie- und Gewerbeflächen einen Maßnahmewert von 10.000 ng TEQ / kg vor, für Wohngebiete sowie Park- und Freizeitanlagen einen Wert von 1.000 ng TEQ / kg. Die Werte gelten jeweils für die obersten 10 cm, weshalb auch im vorliegenden Bericht nur die oberflächennah erfolgten Untersuchungen und Analysenwerte berücksichtigt werden.

Für die Bewertung der Toxizität der Dioxin- und Furan-Werte wird die aktuelle Bewertungsgrundlage der NATO/CCMS zugrunde gelegt (I-TEF, siehe Kapitel 4.4).

Auf den rastermäßigen Dioxin- und Furanuntersuchungen im gesamten ChemiePark Bitterfeld-Wolfen und dessen Umfeld im Jahr 1991 (Fläche 10 x 12 km, Anzahl 112) aufbauend, wurden in den folgenden Jahren bis 2005 weitere detaillierende Untersuchungen in den nachgewiesenen Belastungsbereichen durchgeführt. Eine systematische Detailuntersuchung sämtlicher bezüglich Dioxine relevanter Verdachtsflächen erfolgte im Jahr 2002 (437 Proben).

Zwischen 1992 und 2005 wurden insgesamt 703 Untersuchungen auf Dioxine im oberflächennahen Bodenbereich, d. h. in einer Tiefe von bis zu maximal 3 m uGOK (unter Geländeoberkante), meist 0,1 bzw. 0,35 m uGOK durchgeführt. Die aus diesen Untersuchungen stammenden Daten sind 96 verschiedenen Literaturquellen wie Untersuchungsberichte, Sanierungsdokumentationen etc. zuzuordnen, welche einerseits in der ÖGP-Datenbank erfasst und weiterhin im Sanierungsrahmenkonzept des Ökologischen Großprojektes (ÖGP) Bitterfeld-Wolfen ausgewertet und dokumentiert sind /52/.

Im Ergebnis der Untersuchungen zeichneten sich bei beiden Stoffgruppen, PCDD und PCDF, über die flächendeckende Belastung hinaus deutliche Belastungs-Schwerpunktbereiche ab. Dabei dominierten die PCDF. Die PCDD traten insgesamt in wesentlich geringeren Konzentrationen auf.

Im zentralen Teil des ChemieParks wurden 2002 Spitzenwerte für Dioxine von über 560.000 ng TEQ / kg festgestellt. Insgesamt lagen allerdings nur 2 % der Proben oberhalb von 100.000 ng TEQ / kg, der für Industrie und Gewerbe geltende Maßnahmenwert von > 10.000 ng TEQ / kg wurde von 13 % der Proben überschritten. 75 % der gesamten Dioxinwerte lagen unterhalb von 3.400 ng TEQ / kg, 50 % niedriger als 540 ng TEQ / kg.

Die aufgrund der Historie abgeleiteten Verdachtsflächen in den Bereichen der Leichtmetallherstellung, der Altmittelverarbeitung und den Kraftwerken sowie der Pflanzenschutzmittel- und Chlorbenzol-Produktion wurden durch die Untersuchungen bestätigt. Zusätzlich wurden Dioxine aus Ablagerungen oder Auffüllungen ausgetragen und partikulär gebunden über die Luft oder über die Abwassersysteme verteilt.

Belastungsschwerpunkte mit Dioxin-Werten oberhalb des Maßnahmenwertes für Industrie und Gewerbe wurden ergänzend zu den seit 1991 bereits realisierten Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen zeitnah nach der Bestandsaufnahme saniert. Weiterhin wurden gering belastete Flächen investitionsbegleitend saniert. Bei den Maßnahmen handelte es sich im Wesentlichen um Bodenaustausch und Versiegelungen/Abdeckungen.

Mit den realisierten Maßnahmen am Standort wurden alle oberhalb des Maßnahmewertes nach BBodSchV mit Dioxinen belasteten Flächen saniert. Des Weiteren wurden potenziell belastete Materialien z. B. im Zuge von Baumaßnahmen ordnungsgemäß entsorgt.

6.1.3 Gewässer

In der Vergangenheit gewonnene Erkenntnisse über Verunreinigungen im Gewässersystem Schachtgraben - Spittelwasser - Mulde - Elbe belegen die historische Rolle des Industriegebietes Bitterfeld-Wolfen als wichtige Schadstoffquelle. Eine Verbesserung des derzeit schlechten Gewässerzustandes wird angestrebt. Auf dieser Grundlage führt die Landesanstalt für Altlastenfreistellung des Landes Sachsen-Anhalt (LAF) momentan eine Machbarkeitsbetrachtung zur Frachtreduzierung überwiegend schwebstoffgebundener Schadstoffe in den Fließgewässern des Schachtgrabens und Spittelwassers durch. In diesem Zusammenhang wird ab dem 3. Quartal 2011 ein Untersuchungsprogramm umgesetzt, in dem neben HCH, DDT und zinnorganischen Verbindungen auch PCDD/F betrachtet werden. Im Rahmen des Vorhabens werden mehrere Oberflächenwasser-Messstellen (OWMS) neu errichtet und bestehende OWMS erweitert. Ziel ist es, über den Zeitraum von zunächst 12 Monaten Messreihen für Schadstoffe in Wasserproben und in separat zu gewinnenden Schwebstoffproben zu generieren, um eine Abschätzung der durch das Gewässer transportierten Schadstofffracht zu ermöglichen.

Konkret sieht die Planung vor, an 9 OWMS insgesamt je 12 Schwebstoffmischproben und je 1 - 2 ereignisbezogene Schwebstoffmischproben (bei Hochwasserereignissen) zu entnehmen und auf die o. g. Parameter einschließlich PCDD/F zu untersuchen.

6.2 Ökologisches Großprojekt „Mansfelder Land“

Im Dioxinbericht von 1996 und im Sanierungsrahmenkonzept Helbra 1997 /1/, /53/ werden als Ursachen für die Bildung der Dioxine der zunehmende Einsatz von Recyclingmaterialien im Verhüttungsprozess (z. B. PVC-ummantelte Kabelrückstände, nicht aufgearbeiteter Elektronikschrott, Fremdstäube, andere NE-Konzentrate) in den siebziger und achtziger Jahren angesehen. Als Träger der Dioxinbelastung sind Theisenschlamm und Schwelgut zu nennen. Dies wird durch die Analysen an Theisenschlamm, z. B. dokumentiert im Sanierungsrahmenkonzept Helbra, 1997, /53/ belegt. Auf den Hüttenstandorten Helbra, Hettstedt und Eisleben ist die Problematik folglich stets mit den Ablagerungen von Theisenschlamm verbunden.

Ein Großteil der Beprobung und Analytik für die o. a. Standorte erfolgte im Rahmen des Umweltschutz-Pilotprojektes Mansfeld AG 1992/93 /54/. Diese Untersuchungsergebnisse wurden mit der Erstellung der ersten Rahmensanierungskonzepte "neu" bewertet. Die jüngste Bewertung dieser Altuntersuchungen nach Maßgabe der BBodSchV erfolgte 2007 mit der Erstellung des Rahmensanierungsplans (RSP) für die Rohhütte Eisleben /55/.

Für den Standort Rohhütte Eisleben liegen demnach 10 Analysen aus dem Jahr 1992 auf Dioxine/Furane vor, die auch Bereiche der Theisenschlammablagerungen erfassen. Die damals ermittelten Konzentrationen lagen zwischen 45 und 4.390 ng TE/kg und überschritten nicht die

Maßnahmewerte 10.000 ng I-TEq/kg TM nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 des BBodSchG (definiert in Anhang 2 der BBodSchV) für Industriegebiete.

Nach der Schließung der Hüttenbetriebe (Eisleben: 1972, Helbra: 1990 und Hettstedt: Bleihütte 1978, ZVA 1990) gab es keine "dioxinrelevanten" Industrieprozesse auf den Standorten mehr. Eine diesbezügliche Veränderung der Bodenbelastungssituation (Verschlechterung) kann folglich ausgeschlossen werden.

Wie oben beschrieben ist der Träger der Dioxinbelastung der Theisenschlamm. Grundlegendes Konzept der bislang erfolgten Gefahrenabwehrmaßnahmen für den summarischen Leitparameter Schwermetalle im ÖGP ist die Konzentration und deponietechnische Sicherung des Theisenschlammes in der Monodeponie Teich 10 und daran anschließend die flächenhafte qualifizierte Abdeckung (Bleihüttengelände Hettstedt, Mischmaterialhalde und Gaswäsche in Helbra, Gaswäsche in Eisleben) verbliebener Restkontaminationen.

Mit diesen Maßnahmen wurde eine Unterbindung der Verfügbarkeit von Dioxinen im beurteilungsrelevanten Wirkungspfad Boden → Mensch erreicht.

6.3 Standort Ilsenburg

Von der ehemaligen Kupferhütte wurden vor 1990 viele tausend Tonnen hochgiftiger Schwermetalle aber auch Dioxine in die Umwelt abgegeben. Nach der Wende mussten sofort die notwendigsten Maßnahmen zur Beseitigung und Entgiftung der akutesten Gefahrenherde begonnen werden. Dioxinbelastungen in einem solchen Ausmaß waren zuvor nicht bekannt, so dass parallel Sanierungsmethoden erforscht und entwickelt werden mussten.

Die Belastungen betrafen sowohl die Bausubstanz der ehemaligen Kupferhütte als auch den Boden im Bereich der Kupferhütte und der angrenzenden Flächen.

In den Jahren 1993 bis 1998 wurden in einer ersten Etappe die unmittelbaren Gefahren für die Umwelt und die Bevölkerung beseitigt. Hierfür wurden ca. 15 Mio. EUR Fördermittel des Landes Sachsen-Anhalt, des Bundes und des Landkreises Wernigerode aufgewendet. Die Entsorgung der Dioxinabfälle wurde in den Jahren 2000 bis 2001 unter der Regie der LAF fortgesetzt. In dieser Zeit wurden ca. 5.000 t noch am Standort verbliebene Dioxinabfälle entsorgt und weitere Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Die entsorgten Materialien waren im Wesentlichen mit PCDD/F > 4.300 ng TE/kg TS belastet.

Insgesamt wurden ca. **10.500 t** PCDD/F-haltige Stoffe vom Standort verbracht.

Nach diesen Maßnahmen zur akuten Gefahrenabwehr erfolgten bis Ende 2009 weitere Sanierungsmaßnahmen, die neben der Gefahrenabwehr vor allem die Einbindung der Flächen der ehemaligen Kupferhütte für das Walzwerk und die Gestaltung des Industrieparks Ilsenburg zum Ziel hatten. Inzwischen wurde ein Status erreicht, der wieder eine uneingeschränkte industriell-gewerbliche Nutzung aller Flächen des Standortes zulässt.

6.4 Untersuchungen von Wild

Im Jahr 2008 wurden 10 Schwarzwildproben aus dem Bereich der Elbeauen auf Dioxine (PCDD/F) und PCB untersucht

Die Untersuchung derartiger Wildproben auf chlororganische Kontaminanten wird seit Jahren im Rahmen eines Sondermessprogramms durchgeführt, wodurch sich die fortdauernde Rückstandsbelastung durch noch vorhandene Altlasten der früheren Chemieproduktion in dieser Region insbesondere mit β -HCH und DDT kontrollieren lässt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Bodenuntersuchungen in dieser Region war zu erwarten, dass dort lebendes Wild ebenfalls eine erhöhte Dioxinbelastung aufweist. Die Ergebnisse der Dioxinuntersuchungen belegen eine zum Teil erhebliche Rückstandsbelastung mit PCDD/F im Fett sowohl von Jungtieren (Frischlinge) als auch von älteren Tieren. Die ermittelten WHO-PCB-Gehalte in allen Proben waren niedriger als die WHO-PCDD/F-Gehalte.

Die rechtliche Bewertung dieser Ergebnisse erweist sich als problematisch, da weder für Fleisch noch für Fett von Wildschweinen derzeit keine Höchstgehalte bzw. Auslösewerte festgelegt sind. Unter Anwendung der festgelegten Höchstgehalte für Schweine wären acht Proben auf Grund der Höchstmengenüberschreitung für die Summe aus PCDD/F und PCB von 1,5 pg/g im Fett bzw. des Höchstgehaltes für PCDD/F von 1,0 pg/g im Fett zu beanstanden. Aufgrund der im Vergleich zu Schweinen völlig anderen Lebensbedingungen und des anderen Fressverhaltens von Schwarzwild erscheint die Anwendung der Höchstgehalte für Schweine nicht sinnvoll. In Abbildung 44 sind die Untersuchungsergebnisse zusammengetragen. Zur Darstellung der Relationen sind die Höchstgehalte für Schweine mit angegeben.

In Tabelle 29 sind die Einzeluntersuchungsergebnisse statistisch ausgewertet und den Werten gegenübergestellt, die im Rahmen eines Projektes im Bundesweiten Monitoring 2007 erfasst wurden.

Tabelle 29: Statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse von Schwarzwildproben

Probenanzahl	Schwarzwildproben Sachsen-Anhalt			Vergleichswerte Monitoring-Projekt 2007 Wildschwein-Fett		
	10	10	10	41	41	41
	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]
Mittelwert	6,91	2,02	8,92	1,72	1,78	3,5
Median	3,85	1,45	5,05	0,65	0,56	1,38
90.Percentil	10,73	3,4	13,05	6,43	4,5	13,4
95.Percentil	23,02	5,7	28,13	10,2	9,6	16,4
Maximum	35,3	7,9	43,2	11,2	22,2	24,5

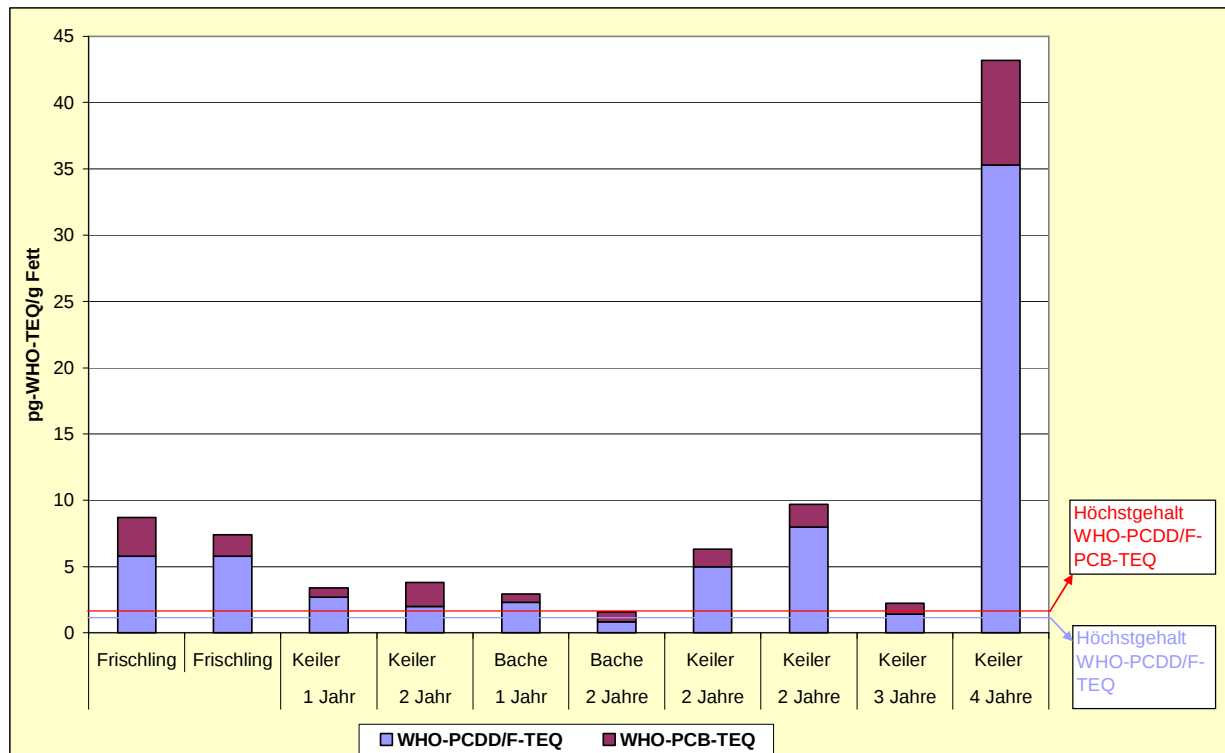


Abbildung 44: WHO-TEQ Gehalte in Schwarzwildproben 2008

Die ermittelten Einzelergebnisse der Untersuchungen von Schwarzwild auf Dioxine und PCB belegen zum Teil deutlich erhöhte WHO-TEQ-Gehalte im Vergleich zu den Daten, die aus dem Bundesweiten Monitoring 2007 verfügbar sind. Eine rechtliche Bewertung der Ergebnisse und damit eine entsprechende Reglementierung sind wie bereits erwähnt derzeit wegen fehlender Höchstgehaltsregelungen für diese Tierart nicht möglich.

Die Abschätzung des gesundheitlichen Risikos ist auf Grund ungenügender Verzehrdaten für Schwarzwild ebenfalls problematisch. Die durchschnittlichen Verzehrsmengen von Wildfleisch liegen im Vergleich zu Rind- bzw. Schweinefleisch zwar deutlich niedriger, so dass sie in einem geringeren Maße zur durchschnittlichen Exposition der Verbraucher beitragen, es gibt jedoch auch hier Risikogruppen, die vor hohen Belastungen zu schützen sind.

Um die Datenlage für die zukünftige Vorgehensweise zu verbessern, werden ab dem Jahr 2011 umfangreichere Untersuchungen von Schwarzwild und Rehwild sowohl aus dem bekannten Belastungsgebiet als auch aus Referenzgebieten in Sachsen-Anhalt durchgeführt.

Weiterführende Untersuchungen auf Bundesebene zur Abschätzung der allgemeinen Kontaminationssituation von Schwarzwild sind außerdem anzustreben.

6.5 Untersuchungen von Schaflebern und Schaffleisch

Aufgrund von vorhandenen 140 Messergebnissen aus 6 verschiedenen Bundesländern über Dioxin- und PCB-Gehalte in Schaflebern riet das BfR in einer Veröffentlichung vom 07. April 2009 /56/ von einem Verzehr von Schafleber ab. Eine klare Zuordnung zu regionalen Einflüssen oder Kontaminationsquellen ließ sich dabei nicht ableiten. Die vorhandene Datenlage wurde zur Ableitung eines unmittelbaren Gesundheitsrisikos als unzureichend eingeschätzt. Im Rahmen eines bundesweiten Monitoring-Projektes im Jahre 2009 war die Untersuchung von Schafleber und Schaffleisch auf Dioxine vorgesehen. Sachsen-Anhalt war mit 20 Proben an diesem Projekt beteiligt. Hierbei wurde eine erhebliche Kontamination der Schaflebern ermittelt. 10 von 11 Schaflebern (91 %) waren wegen hoher Gehalte an PCDD/F zu beanstanden; in fast zwei Dritteln der Schaflebern war der Auslösewert für dl. PCB überschritten und in 8 von 11 Schaflebern (73 %) lag außerdem eine Höchstgehaltsüberschreitung für die Summe aus PCDD/F und PCB vor (Abbildung 45).

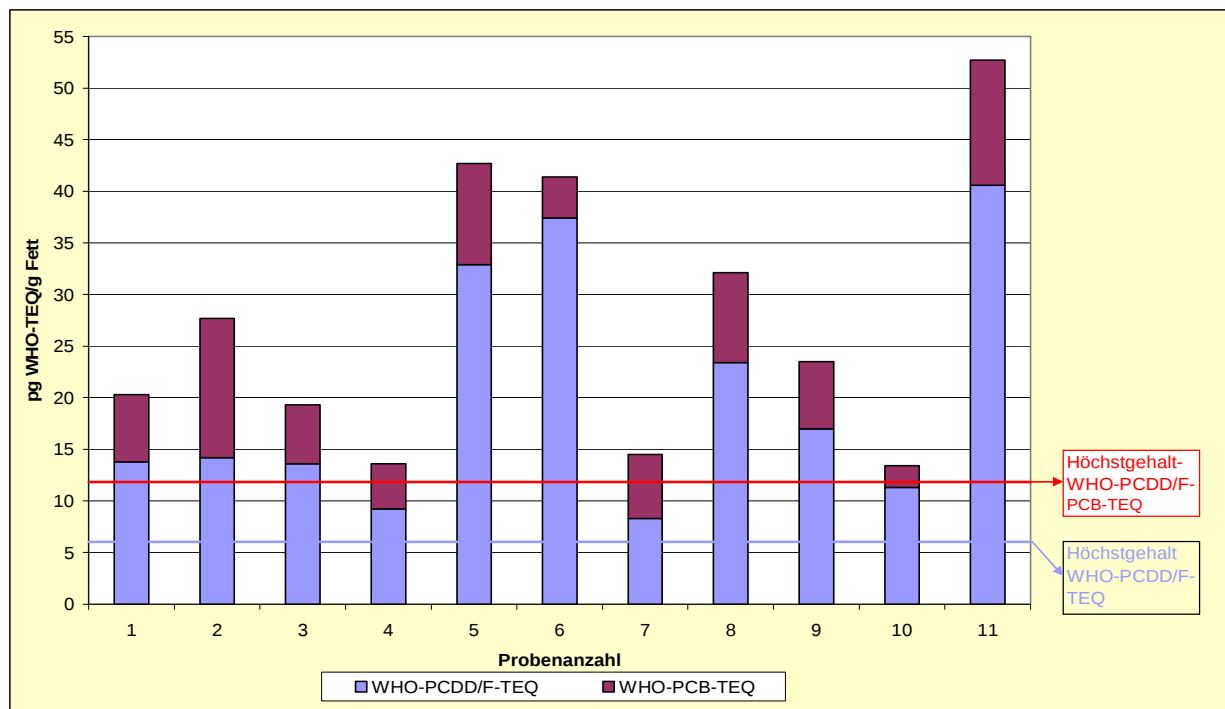


Abbildung 45: WHO-TEQ-Gehalte in Schafleber

Die untersuchten Schaffleisch- bzw. Schaffettproben wiesen hingegen alle eine geringe Belastung mit PCDD/F und PCB auf.

Der abschließende Monitoring-Bericht zu diesem Projekt /57/ bestätigt die Tendenz zu hohen Prozentsätzen (68 % bzw. 69 %) an Überschreitungen des Höchstgehaltes für Dioxine bzw. der Summe aus Dioxinen und dl-PCB in Schafleber einerseits und einer geringen Belastung des Schaffleisches der entsprechenden Tiere andererseits. Für Schaffleisch liegt die Quote der Überschreitungen bei 2,2 bzw. 8,2 %.

In Tabelle 30 sind die Untersuchungsergebnisse aus Sachsen-Anhalt sowie im Vergleich dazu alle Ergebnisse des Monitoring-Projektes dargestellt.

In der Gesamtauswertung konnte gezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen der Belastung in der Leber und im Muskelfleisch besteht. Statistisch abgesichert liegen mit hoher Wahrscheinlichkeit im Schaffleisch keine Höchstgehaltsüberschreitungen vor, wenn Gehalte unter 50 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g im Leberfett des Tieres vorliegen.

Tabelle 30: Statistische Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen von Schaffleisch und Schafleber in Sachsen-Anhalt / Monitoring-Projekt gesamt

n	Sachsen-Anhalt Schaffleisch			Sachsen-Anhalt Schafleber		
	9	9	9	11	11	11
	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]
Median	0,84	0,84	2,1	14,2	6,5	23,5
90.Percentil	1,62	1,4	2,5	37,4	12,1	42,7
95.Percentil	1,66	1,4	2,7	39	12,8	47,7
Maximum	1,7	1,4	2,9	40,6	13,5	52,7
n > AW	0	0		1	7	
n > HG	0		0	10		8
n > HG [%]	0		0	90,9		72,7
n	Bundesweites Monitoring gesamt Schaffleisch			Bundesweites Monitoring gesamt Schafleber		
	182	182	182	195	195	195
	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCDD/F-TEQ [pg/g Fett]	WHO-PCB-TEQ [pg/g Fett]	WHO-TEQ [pg/g Fett]
Median	0,49	0,93	1,5	9,16	6,69	16,83
90.Percentil	1,64	2,5	3,54	36,56	16,1	55,84
95.Percentil	2,3	3,3	5,47	57,19	23,2	89,41
Maximum	5,1	11,3	11,9	116,3	99,1	131,6
n > AW	19	83		37	157	
n > HG	4		15	133		134
n > HG [%]	2,2		8,2	68,2		68,7

n - Anzahl der untersuchten Proben

AL - Auslösewert gemäß Empfehlung 2006/88/EG

n > AL - Anzahl der Proben für die das Ergebnis größer ist als der AL und für Dioxine gilt zusätzlich: gleich bzw. kleiner als HG

HG - Höchstgehalt für Dioxine / für die Summe aus Dioxinen und dl-PCB gemäß VO(EG) Nr. 1881/2006

Eine Abhängigkeit des Belastungsniveaus von Haltungsform und Herdengröße wurde nur in geringem Maß festgestellt, auch ein Einfluss von Alter, Geschlecht und Rasse auf die Höhe der Belastung ließ sich nicht ableiten.

Als Fazit der vorliegenden Untersuchungsergebnisse empfiehlt das BfR weiterhin, den Verzehr von Schaflebern vorsorglich zu vermeiden. Schaf-, Lamm- und Hammelfleisch kann hingegen in der Regel unbedenklich verzehrt werden.

7 Schlussbetrachtung

In den letzten Jahren ist die Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber Umweltschadstoffen erheblich gewachsen. Neue Kommunikationswege und Plattformen werden zur Information und Diskussion genutzt und führen zu einer gestiegenen Transparenz von Umweltproblemen.

Während im ersten Dioxinbericht von 1996 alle in Sachsen-Anhalt im Zeitraum von 1990 bis 1995 durchgeführten medien- und regionalbezogenen Untersuchungen auf polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane zusammengefasst und nach einheitlichen Kriterien bewertet wurden, stellt der zweite Bericht eine Zusammenfassung aller Bemühungen zur Dioxinreduzierung dar. Gleichzeitig wurde gezeigt, dass durch eine kontinuierliche Überwachung der Umweltmedien und der Nahrungskette bis hin zum Lebensmittel, dem Vorsorgeauftrag zur Risikominimierung beim Menschen Rechnung getragen wird.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Luft, Wasser (Sediment) und Boden haben gezeigt, dass eine weitere Minimierung des Dioxineintrages erfolgt ist. Durch Anlagensanierungen und dem Bau nach Stand der Technik konnten die Emission/Immissionen weiter gesenkt werden.

Die Durchführung systematische Messprogramme in den letzten 15 Jahren verbesserte die Datenlage erheblich. Vor allem bei der Beurteilung von belasteten Flächen (Altlasten) oder besonderen Ereignissen (Havarien, Hochwasser) ist eine bessere Einschätzung des Gefahrenpotenzials möglich. Gleichzeitig ermöglicht die verbesserte Datenlage, das Verhalten dieser Stoffe in der Umwelt genauer zu charakterisieren.

Es zeigt sich aber auch, dass nach wie vor diffuse Quellen vorhanden sind. Die Bestimmung der Dioxine wird auch zukünftig ein wichtiger Bestandteil der Umweltbeobachtung sein.

Die Steigerung der Probenzahlen im Bereich Futter- und Lebensmittel führte letztendlich zu einer höheren Sicherheit für den Verbraucher. Die Bestimmung der Dioxine in der amtlichen Überwachung von Futter- und Lebensmitteln stellt einen wichtigen Bestandteil des Verbraucherschutzes dar.

Die gegenwärtige Aufgabe der zuständigen Behörden ist die Überwachung der Einhaltung der bestehenden Rechtsvorschriften. Dabei ist die koordinierte Durchführung von Mess- und Untersuchungsprogrammen ein wichtiger Punkt, um die tatsächliche Belastung zielgerichtet festzustellen und die kostenintensiven Dioxinanalysen so effektiv wie möglich zu nutzen.

Literaturverzeichnis:

- /1/ Dioxinbericht des Landes Sachsen-Anhalt, Landesamt für Umweltschutz, 1996
- /2/ Ballschmiter, K., Bacher, R., Dioxine – Chemie, Analytik, Vorkommen, Umweltverhalten und Toxikologie der halogenierten Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1996
- /3/ Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) "Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind – Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe" vom 21.09.2004
- /4/ Bund/Länder Arbeitsgruppe Dioxine (AG DIOXINE): (1990) Bericht 1 und (1993) Bericht 2, Umweltbundesamt Berlin
- /5/ VO (EG) Nr. 1883/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festlegung der Probennahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Kontrolle der Gehalte von Dioxinen und dioxinähnlichen PCB in bestimmten Lebensmitteln
- /6/ RL 2005/6/EG der Kommission vom 26. Januar 2005 zur Änderung der Richtlinie 71/250/EWG hinsichtlich der gemäß der Richtlinie 2002/32/EG vorgeschriebenen Angabe und Auswertung der Analyseergebnisse
- /7/ Umweltbundesamt (1985), "Sachstand Dioxine", Erich Schmidt Verlag Berlin
- /8/ Kutz, F.W., Barnes D.G. u.a. (1990), Chemosphere 20:751-757
- /9/ Van den Berg et al (1998) TEF der WHO : Schlussfolgerungen der Experten-Sitzung der WHO in Stockholm 15.-8. Juni 1997, Environmental Health Perspectives, 106(12), 775
- /10/ Van den Berg et al (2006) TEF der WHO: Schlussfolgerungen der Experten-Sitzung der WHO und IPCS (International Programme on Chemical Safety) in Genf Juni 2005, Toxicological Science 93(2), 223-241
- /11/ RL 2006/13/EG der Kommission vom 3. Februar 2006 zur Änderung der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB
- /12/ Umweltbundesamt (2007) „Dioxine - Daten aus Deutschland“, 5. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, Berlin 2007
- /13/ Abschlussbericht Eurofins GfA GmbH, Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik, Otto-Hahn-Straße 22, 48161 Münster-Roxel
- /14/ UBA Texte 01/08 „Nationaler Durchführungsplan unter dem Stockholmer Abkommen zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs)“
- /15/ Fahrzeugzulassungen Bestand Emissionen, Kraftstoffe Januar 2009, Kraftfahrtbundesamt
- /16/ Verkehr in Zahlen 2009/2010 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009 DVV Media Group GmbH, Hamburg

- /17/ Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.1 INFRAS, Bern 2010
- /18/ KTBL-Datensammlung Betriebsplanung 2008/09
- /19/ Statistische Berichte Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Bodennutzung in landwirtschaftlichen Betrieben (Mai 2008), Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt
- /20/ Verkehrsemissionskataster Sachsen-Anhalt Teil Eisenbahn (2010) Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 2010
- /21/ Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (2011), Untersuchung der Elbe und ihrer Zuflüsse auf Dioxine in Schwebstoffen in den Jahren 2005-2010
- /22/ RICHTLINIE 2008/105/EG vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG, 86/280/EWG und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG ff.
- /23/ Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden-Dauerbeobachtung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO); Arbeitskreis 2 Bodeninformationssysteme (2000/2001); In: Rosenkranz, D., G. Bachmann, W. König, G. Einsele (1988): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Grundwerk 1988, Berlin, Erich Schmidt Verlag, 3. Band, Loseblattausgabe BoS 32. Lfg XI/00 und BoS 33. Lfg. III/01
- /24/ BMBF-Ad-hoc-Verbundprojekt „Schadstoffbelastung im Mulde- und Elbe-Einzugsgebiet nach dem Auguthochwasser 2002“, Stachel et al. „Das Vorkommen von „Dioxinen“ in der Elbe“, UFZ, 2003
- /25/ DIN ISO 10381-1, Anhang C.1
- /26/ Schriftenreihe des BDG, Heft Nr. 13: Empfehlungen zur Bodenprobennahme bei Altlasten- und Verdachtsflächenuntersuchungen. BDG-Arbeitskreis Umweltgeologie Arbeitsgruppe Bodenprobennahme, Bonn, 1995
- /27/ Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt: "Das Hochwasser von Elbe und Mulde im August 2002 im Land Sachsen-Anhalt - Auswirkungen auf die stoffliche Belastung des Wassers, der Schwebstoffe, der Sedimente und des Bodens", März 2003, unveröffentlicht
- /28/ Hamburger Umweltbehörde.: "Ursachen der Dioxinkontamination in der Elbe, im Hamburger Hafen und in den Hamburger innerstädtischen Gewässern", Hamburger Umweltberichte 57/99/.
- /29/ Lechner et al.: "Einschätzung des Potentials anaerober Bakterien zur reduktiven Dechlorierung von Dioxinen und ihr Beitrag zur langfristigen Senkung der Dioxinbelastung im Spittelwasser (Landkreis Bitterfeld)", FKZ 76213/09/98/H, 2001
- /30/ UBS Umweltberatung GmbH Schwerin und IGB Verfahrenstechnik GmbH Hamburg: „Modellhafte Machbarkeitsstudie zur Sedimentsanierung des Spittelwassers im Landkreis Bitterfeld“, 1993 (im Auftrag des Landkreises Bitterfeld)

- /31/ ITU GmbH Berlin: „Endbericht über die Untersuchung halogenorganischer Schadstoffe in der Muldeau“, 1994 (im Auftrag des Landkreises Bitterfeld)
- /32/ Staatliches Amt für Umweltschutz Dessau/Wittenberg, jetzt: Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt: Aktuelle Bewertung der Gefahrensituation Spittelwasser II, 2000
- /33/ Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt, Sondermessprogramm Spittelwasser 1996 bis 2004: Untersuchungsergebnisse, unveröffentlicht
- /34/ Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt: Untersuchung auf PCDD/F und PCB auf den Boden-Dauerbeobachtungsflächen des Landes Sachsen-Anhalt, Rohdaten in Bearbeitung, unveröffentlicht
- /35/ Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt: Dioxinbelastung der Elbe- und Muldeniederungen - Bericht 2004, unveröffentlicht
- /36/ Merkblatt „landwirtschaftliche Nutzung in Flussauen in Sachsen-Anhalt“, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt 2007
- /37/ Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt: "Bewertung der Untersuchungen auf polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis im August 2002 in Sachsen-Anhalt", 2002, unveröffentlicht
- /38/ Nau, H.; Steinberg, P.; Kietzmann, M. (2003): Lebensmitteltoxikologie Rückstände und Kontaminanten: Risiken und Verbraucherschutz Parey Buchverlag, 104-109
- /39/ Gizzi, G. (1999): Dioxins in animal feed, Feed Compounder 19 (7), 18-19
- /40/ Richtlinie 2006/13/EG der Kommission vom 3. Februar 2006 zur Änderung der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/32 EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB
- /41/ Lebensmittel-; Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB) vom 26. April 2006; BGBl. Teil I, Nr. 20 vom 27. April 2006
- /42/ Schulz, J. (2006): Optimierung der Futterprobennahme zur Dioxinanalyse - Untersuchungen an Futtermitteln aus der Elbtalaue 2004/2005
- /43/ Bekanntmachung der Neufassung der Futtermittelverordnung vom 24. Mai 2007 i. d. g. F. BGBl. Teil I, Nr. 22 vom 31. Mai 2007
- /44/ Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel, Ergebnisse des Forschungsprojektes LExUKon, BfR 2010
- /45/ Dioxin - und PCB-Einträge in Lebensmittel vermeiden - Ein Leitfadens für Geflügel-, Rinder-, Schaf- und Schweinehalter, BMU 2009 - Reihe Umweltpolitik
- /46/ VO (EG) Nr. 1881/2006 vom 19.12.2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (ABl. L 364/5 v. 20.12.2006)
- /47/ Empfehlung der Kommission (2006/88/EG) vom 06.02.2006 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln

- /48/ BMU- Schreiben vom 05.02.2010; Az.: IG II 7 - 61077-3/3
- /49/ Empfehlung der Kommission (2011/516/EU) vom 23. August 2011 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln (Abl. L 218/23)
- /50/ Gemeinsamer Erlass des MS und MLU Sachsen-Anhalt - Untersuchung von Lebensmitteln und Futtermitteln auf polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenz-p-furane (PCDF) sowie auf dioxinähnliche und nicht dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (PCB)
- /51/ Weiterführung des Fischüberwachungssystems in Sachsen-Anhalt ab 2006 und Folgejahre; Gem. Rd. Erl. des MS und MLU vom 16.06.2006 – 26a-42805/4.3 (MBL LSA Nr. 28/2006 vom 10.07.2006)
- /52/ GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH: Fortschreibung Sanierungsrahmenkonzept für das ökologische Altlastengroßprojekt Bitterfeld-Wolfen; Berichtsdatum 16.03.2009
- /53/ BISANTECH Anlagenbau und Sanierungstechnik Bitterfeld GmbH: Sanierungsrahmenkonzept Altlasten, Ökologisches Großprojekt Betriebe der ehemaligen Mansfeld AG, Teilsanierungsrahmenkonzept Rohhütte Helbra, Bitterfeld 15.08.1997
- /54/ Noell Umweltdienste GmbH: Umweltschutz-Pilotprojekt Mansfeld AG, Ökologische und technologische Bestandsaufnahme und Bewertung der Mansfeld AG im Hinblick auf innovative Entsorgungs- und Produktionsprozesse; Zusammenfassender Endbericht Kapitel B 1.1: Ermittlung der Gefährdungspotenziale von Altablagerungen und Altstandorten, Oktober 1993
- /55/ DMT-Leipzig Zweigniederlassung der DMT GmbH, Projektbüro Berlin: Ökologisches Großprojekt Mansfelder Land, Standort Eisleben, Rahmensanierungsplan, Berlin 21.08.2007
- /56/ „Schafleber kann stark mit Dioxinen und PCB belastet sein“ - Gesundheitliche Bewertung Nr. 013/2009 des BfR vom 7. April 2009
- /57/ Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2009 Lebensmittel-Monitoring, BVL-Reporte, Band 5, Heft 5, 2011

Tabellenverzeichnis

- 1** Übersicht der Regelungen im Bereich Emissionen
- 2** Richtwerte und Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung und Bodensanierung
- 3** Maßnahmenwerte für Dioxine für die direkte Aufnahme in Bezug auf den Wirkungspfad Boden - Mensch
- 4** Beurteilungswerte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine
PCDD/F-Aufnahme Erwachsener über die Nahrung pro Tag
- 5** Übersicht der behördlichen Untersuchungen auf PCDD/F und dl-PCB
- 6** Systeme von Toxizitätsäquivalentfaktoren für PCDD/F
- 7** Systeme von Toxizitätsäquivalentfaktoren für dl-PCB
- 8** Standorte für die Ermittlung der Deposition von PCDD/F und dioxinähnlichen PCB
- 9** Nationales Emissionsinventar für PCDD/F (Luftpfad) für das Jahr 2004 nach dem Stockholm-Übereinkommen
- 10** PCDD/F-Emissionen von Abfallverbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen sowie sonstigen Anlagen
- 11** Abschätzung der PCDD/F-Emissionen aus Feuerbestattungsanlagen
- 12** Abschätzung der Dioxinemissionen des Straßenverkehrs in Sachsen-Anhalt (Kfz-Bestand 01.01.2009)
- 13** Emissionen an PCDD/F in Sachsen-Anhalt
- 14** Jahresmittelwerte (JMW) der Dioxine - AMB/Schwebstoffkasten der Jahre 2005-2009
- 15** Dioxingehalte der Zentrifugenproben 2005-2009
- 16** Überblick zu PCDD/F-Messprogrammen
- 17** Ergebnisse der Bodenuntersuchungen – BDF
- 18** Ergebnisse Bodenuntersuchungen in Überschwemmungsgebieten
- 19** Höchstgehalte und Aktionsgrenzwerte für Futtermittel
- 20** Anzahl der auf Dioxine untersuchten Futtermittelproben 2004 bis 2009
- 21** Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Getreide und Getreidenebenprodukten in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009
- 22** Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in sonstigen Einzelfuttermitteln in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009
- 23** Anzahl der untersuchten Proben flussnaher Grünlandflächen 2004 bis 2009
- 24** Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Mischfuttermitteln Schwein, Geflügel und Rind in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009
- 25** Ergebnisse der Untersuchung auf Dioxine in Zusatzstoffen in Sachsen-Anhalt 2004 bis 2009
- 26** Gesetzlich festgelegte Auslösewerte und Höchstgehalte für PCDD/F und dl-PCB ausgewählter Lebensmittel
- 27** WHO-PCDD/F-TEQ-Gehalte der untersuchten Milchproben von 2005 bis 2010
- 28** WHO-TEQ Gehalte der untersuchten Rindfleischproben von 2005 bis 2010
- 29** Statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse von Schwarzwildproben
- 30** Statistische Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen von Schafffleisch und Schafleber in Sachsen-Anhalt / Monitoring-Projekt gesamt

Abbildungsverzeichnis

- 1 PCDD/F- und PCP-Strukturen
- 2 Lage der Messstandorte (Deposition)
- 3 Bulk-Sammler vom Topf-Typ (Bergerhoff-Sammler)
- 4 Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Stockhausstraße (HET44)
- 5 Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Mansfeld-Museum (HET45)
- 6 Depositionen an PCDD/F und PCB, Hettstedt, Pappelweg (HET46)
- 7 Depositionen an PCDD/F und PCB (HET 42, EIL 45 und EIL 46, beendete Messungen)
- 8 Depositionen an PCDD/F und PCB (WR 18, QLB 19 und EIL3/1, beendete Messungen)
- 9 Depositionen an PCDD/F und PCB, Aschersleben, Schierstedter Str. (ASL42)
- 10 Depositionen an PCDD/F und PCB, Wolfen, Thalheimer Str. (BTF20)
- 11 Depositionen an PCDD/F und PCB, Großkayna, Deponie (MER100)
- 12 Depositionen an PCDD/F und PCB in der Nähe von Abfallverbrennungsanlagen
- 13 Depositionen an PCDD/F und PCB, Hintergrundmessstellen
- 14 Verbreitung von Dioxinen/Furanen in der Umwelt
- 15 Dioxinmessstellen im Schwebstoff der Jahre 2005-2009
- 16 Jahresmittelwerte der Dioxine - AMB/Schwebstoffkasten 2005 - 2009
- 17 Dioxingehalte – Zentrifugennmessstellen 2005 – 2009
- 18 Übersicht der Beprobungsstellen BDF Sachsen-Anhalt
- 19 Dioxingehalte im Überschwemmungsgebiet der Elbe in Sachsen-Anhalt
- 20 Vergleich der Kongenerenverteilung
- 21 Furanverteilung in unterschiedlichen Proben
- 22 Dioxingehalte (abzüglich Messunsicherheit) von Einzelfuttermitteln aus den Jahren 2004 bis 2009
- 23 Dioxinbelastung von Grünland und Grünlandprodukten elbnaher Gebiete aus den Jahren 2004 bis 2009
- 24 Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete vor Einmündung der Mulde aus den Jahren 2004 bis 2009
- 25 Dioxingehalte (abzüglich Messunsicherheit) von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete zwischen der Mulde- und Saaleeinmündung aus den Jahren 2004 bis 2009
- 26 Dioxinbelastung von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete nach Einmündung der Saale aus den Jahren 2004 bis 2009
- 27 Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Elbgebiete nach Einmündung der Saale
- 28 Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten der Flussauen Mulde und Saale

- 29** Dioxingehalte von Grünland und Grünlandprodukten sonstiger Flussauen in Sachsen-Anhalt
- 30** Dioxingehalte von Mischfuttermitteln
- 31** Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Aufnahme von PCDD/F und dl-PCB
- 32** Aufteilung der untersuchten Lebensmittelproben (2005 - 2010) auf die verschiedenen Warengruppen
- 33** Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Milchproben 2005 bis 2010
- 34** Fallbeispiel für zeitlichen Verlauf der Dioxinbelastung in Rohmilch nach Absetzen des belasteten Futtermittels
- 35** WHO-PCDD/F-TEQ-Gehalte in Rindfleischproben 2005 bis 2010
- 36** WHO-PCB-TEQ-Gehalte in Rindfleischproben 2006 bis 2010
- 37** Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Hühnereiern aus unterschiedlicher Hühnerhaltung 2005 bis 2010
- 38** Probennahmestellen des Fischüberwachungssystems (FÜS) Sachsen-Anhalt
- 39** Fischproben im Rahmen des FÜS untersucht von 2003 bis 2010
- 40** Gegenüberstellung der Kongenerenverteilung für Dioxine von Aal und Brassen (2008 bis 2010)
- 41** Prozentualer Anteil an Überschreitungen des Auslösewertes für WHO-PCB-TEQ bzw. des Höchstgehaltes für WHO-PCDD/F-PCB-TEQ der untersuchten Fischproben von 2003 bis 2010
- 42** Gegenüberstellung der Kongenerenverteilung für dioxinähnliche PCB von Aal und Brassen (2008 bis 2010)
- 43** Durchschnittliche WHO-TEQ-Gehalte in Fischproben von 2003 bis 2010
- 44** WHO-TEQ Gehalte in Schwarzwildproben 2008
- 45** WHO-TEQ-Gehalte in Schafleber

Abkürzungsverzeichnis

AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
AMB	Automatische Messstation Beschaffenheit
AVA	Abfallverbrennungsanlagen
BDF	Bodendauerbeobachtungsfläche
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BodSchAG	Bodenschutz-Ausführungsgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
DAkks	Deutsche Akkreditierungsstelle
DK	Dieselmotorkraftstoff
dl-PCB	dioxin like PCB - dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
fg	Femtogramm = 10^{-15} g
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
FÜS	Flussfischüberwachungssystem
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
I-TEQ/d	Internationale Toxizitätsäquivalente pro Tag
JMW	Jahresmittelwert
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAF	Landesanstalt für Altlastenfreistellung
LAI	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LAV	Landesamt für Verbraucherschutz
LAU	Landesamt für Umweltschutz
LFGB	Lebensmittel-; Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft
LLFG	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
m_T	Trockenmasse
MANCP	M ulti a nnual n ational c ontrol p lan - Mehrjähriger Nationaler Kontrollplan
MU	Messunsicherheit
NRKP	Nationaler Rückstandskontrollplan
Nm^3	Normkubikmeter
ng	Nanogramm = 10^{-9} g
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
ÖGP	Ökologisches Großprojekt
PCDD/F	polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
PCDD	polychlorierte Dibenzo-p-dioxine
PCDF	polychlorierte Dibenzo-p-furane
PCP	Pentachlorphenol
POPs	persistent organic pollutants“ - Persistente Organische Schadstoffe
PCB	polychlorierte Biphenyle,
PCT	polychlorierte Terphenyle
pg	Pikogramm = 10^{-12} g
SFC	Wissenschaftlicher Ausschuss für Lebensmittel der EU-Kommission
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin, Seveso-Dioxin
TDI	tolerable d aily intake - tolerable tägliche Aufnahmemenge

TEF	Toxicity E quivalence F actor
TEQ	Toxic E quivalents - Toxizitätsäquivalente
TEQ/m ² d	Toxizitätsäquivalente pro Quadratmeter und Tag
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe
TS	Trockensubstanz
TWI	t olerable w eakly i ntake - tolerierbare wöchentliche Aufnahme
UBA	Umweltbundesamt
UQN	Umweltqualitätsnorm
VC	Vinylchlorid
WHO	World Health Organisation
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	EG-Wasserrahmenrichtlinie
88 v. H. TM	88 von Hundert Trockenmasse