

Baumackerstrasse 24
CH-8050 Zürich
Tel +41 44 315 10 10
Fax +41 44 315 10 11
www.friedlipartner.ch
info@friedlipartner.ch

Auftraggeber: Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) Kanton Basel-Landschaft

GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

**Mit Blei belastete Böden von Gemüsegärten
Diverse Grundstücke
4133 Pratteln**

Projektleitung, Bericht: Dr. Bruno Schmid
Sachbearbeitung: Simon Küng
Korreferat: Lars Knechtenhofer
Objekt-Nr.: 08.124

Zürich, 29. April 2009

INHALT

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ausgeführte Arbeiten	2
1.3	Grundlagen	2
1.4	Projektbegleitung	2
2	HINTERGRUNDBELASTUNG	3
2.1	Referenzwert für Blei	3
2.2	Ausschöpfungsgrad des Referenzwerts	3
2.3	Fazit	4
3	PFAD DIREKTE BODENAUFNAHME	5
3.1	Formel für die Berechnungen	5
3.2	Annahmen	5
3.3	Szenarien	6
3.4	Ergebnisse	7
3.5	Fazit	8
4	PFAD BODEN - GEMÜSE - KIND	9
4.1	Formel für die Berechnungen	9
4.2	Annahmen	10
4.3	Szenarien	12
4.4	Ergebnisse	13
4.5	Fazit	14
5	DISKUSSION	15
5.1	Expositionspfad Direkte Bodenaufnahme	15
5.2	Expositionspfad Boden - Gemüse - Kind	15
5.3	Fazit	16
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	17
7	LITERATURVERZEICHNIS	18

ANHANG

- 1 Lesebeispiel Abbildungen
- 2 Abbildungen

VERTEILER BERICHT

AUE Kt. Basel-Landschaft	3 Exemplare
Expertengruppe:	
Dr. Achim Kayser, Amt für Umwelt Kt. Thurgau	1 Exemplar
Markus Jauslin, armasuisse, Bern	1 Exemplar
Dr. Armin Keller, ART	1 Exemplar
Dr. Franz Borer, Amt für Umwelt Kt. Solothurn	1 Exemplar

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

<p>Die vom Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) des Kantons Basel-Landschaft im Verlauf der vergangenen Jahre im Raum Pratteln durchgeführten Untersuchungen (siehe Arbeitspapier AUE von 2008) haben ergeben, dass die Blei-Gehalte in Siedlungsböden in der Nähe der ehem. Verzinkerei Pratteln (heute Galvaswiss AG) und der Metallum AG sowie entlang von Hauptverkehrsachsen teilweise über den <i>Prüfwerten</i> der <i>Verordnung über Belastungen des Bodens</i> (VBBo) liegen.</p>	Anlass
<p>Die vom AUE mittels Expertensystem des BUWAL-Handbuchs <i>Gefährdungsabschätzung Boden</i> vorgenommene Abschätzung zeigte, dass in einigen Gemüsegärten durch die direkte Aufnahme von bleihaltigem Bodenmaterial für Kinder bis zum 3. Lebensjahr eine konkrete Gefährdung <i>besteht</i>.</p>	Konkrete Gefährdung für Kleinkinder besteht
<p>Beim Verzehr von in diesen Gärten angebautem Gemüse ist entsprechend dem erwähnten Expertensystem eine konkrete Gefährdung von Personen <i>möglich</i>.</p>	Konkrete Gefährdung durch Gemüse möglich
<p>Wenn bei den für die Gefährdungsabschätzung verwendeten Input-Parametern grössere Unsicherheiten bestehen, ist es gemäss BUWAL-Handbuch angezeigt, eine <i>detailliertere Gefährdungsabschätzung</i> durchzuführen. Bei Nutzungen mit möglicher direkter Aufnahme von Bodenmaterial empfiehlt das Handbuch dafür die Anwendung von stochastischen¹ Verfahren wie z.B. der sogenannten <i>Monte-Carlo-Simulation</i>.</p>	Detailliertere Gefährdungsabschätzung
<p>Das AUE will die Gefährdung durch die bleibelasteten Gemüsegärten detaillierter abschätzen. Dabei sollen das gleiche stochastische Verfahren (<i>Latin Hypercube</i>) und die gleichen Input-Parameter angewendet werden wie beim Projekt P3 zum Bodenbelastungsgebiet Dornach.</p>	Absicht AUE
<p>Herr Dr. Roland Bono, verantwortlicher Ressortleiter im AUE, hat die FRIEDLIPARTNER AG (FP) mit folgenden Arbeiten beauftragt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffen des Quellcodes des beim Projekt P3 Dornach verwendeten Simulationsprogramms • Abschätzen der Gefährdung von Kleinkindern durch direkte Bodenaufnahme • Abschätzen der Gefährdung von Kleinkindern durch Verzehr von Gemüse aus dem eigenen Garten • Verfassen eines Berichts 	Auftrag
<p>Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung.</p>	Inhalt Bericht

¹ Oberbegriff für die Gebiete Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

1.2 Ausgeführte Arbeiten

- Herstellung des Kontakts mit den Projektleitern des Moduls A (Dr. Achim Kayser) und des Moduls Gefährdungsabschätzung (Markus Jauslin) beim Projekt P3 Dornach
- Studium des Arbeitspapiers des AUE von 2008 über die Nachuntersuchung des Belastungsgebiets Pratteln
- Beschaffen von aktueller Literatur zur Hintergrundbelastung durch Blei
- Vorschlägen der Input-Parameter und Szenarien
- Berechnen der aufgenommenen Blei-Dosen
- Überprüfen der Berechnungen mit dem Simulationsprogramm Crystal Ball™
- Verfassen des vorliegenden Berichts

1.3 Grundlagen

- Nachuntersuchung und weiterer Handlungsbedarf Belastungsgebiet Pratteln 2007, Arbeitspapier AUE vom Juli 2008
- Diverse Berichte zum Belastungsgebiet Pratteln, AUE

1.4 Projektbegleitung

Das Vorhaben wurde durch eine Expertengruppe begleitet. Deren Mitglieder waren:

- Dr. Achim Kayser, Amt für Umwelt Kanton Thurgau
- Markus Jauslin, armasuisse Immobilien, Bern
- Dr. Armin Keller, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Täniken (ART)
- Dr. Franz Borer, Amt für Umwelt Kanton Solothurn

2 HINTERGRUNDBELASTUNG

2.1 Referenzwert für Blei

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Blei-Konzentration im Blut von Kindern bei einer durchschnittlichen Aufnahme von weniger als 3 bis 4 Mikrogramm (μg) Blei pro Kilogramm Körpergewicht (BW) und Tag (d) konstant bleibt (WHO, 1987). Die WHO hat deshalb die für Kinder zulässige Blei-Dosis auf 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BW und Woche (w) festgelegt (im Folgenden für Blei-Dosen verwendete Einheit: $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$).

Blei-Konzentration im Blut

Dieser als *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) bezeichnete Wert gilt für alle möglichen Blei-Quellen (Trinkwasser, Nahrung, Hausstaub, Erde etc.). Der PTWI wird nachfolgend zur Beurteilung der Gefährdung verwendet.

PTWI: 25 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$

2.2 Ausschöpfungsgrad des Referenzwerts

Da wir zur Hintergrundbelastung durch Blei keine aktuellen Schweizer Studien gefunden haben, beschreiben wir im Folgenden Studien aus Deutschland.

Keine aktuellen Schweizer Studien

In einer neueren Untersuchung wird die von Kindern über Lebensmittel aufgenommene Blei-Dosis mit 6,5 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$ für 4 bis 6-Jährige bzw. 5,2 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$ für 7 bis 10-Jährige angegeben (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, 2004). Das bedeutet, dass der PTWI bei Kindern in diesen Altern allein über Lebensmittel zu 26% bzw. 21% ausgeschöpft wurde.

Ausschöpfung PTWI: 21% - 26%

Eine andere Studie kommt zum Schluss, dass deutsche Kleinkinder (Annahme für Körpergewicht: 10 kg, entspricht ungefähr einem 1,5 bis 2-Jährigen) in den 1990er Jahren über die Expositionspfade Trinkwasser, Boden, Luft, Hausstaub und Nahrung im Durchschnitt eine Blei-Dosis von 33,4 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$ aufnahmen (siehe Tabelle 2-1, OBENLAND ET AL, 2004). Gemäss jener Studie haben vor 10 bis 15 Jahren somit alle anderthalb bis zweijährigen deutschen Kinder eine Blei-Dosis aufgenommen, welche über dem PTWI-Wert lag!

PTWI ausgeschöpft

Tabelle 2-1: Von Kleinkindern aufgenommene Blei-Dosen ($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$)

Trinkwasser	Boden	Luft	Hausstaub	Nahrung	Gesamt
5,32	0,959	1,47	8,19	17,5	33,4
16%	3%	4%	25%	52%	100%

Die Tabelle zeigt, dass die grösste Einzelquelle mit einem Anteil von 52% die Nahrung war.

Grösste Einzelquelle: Nahrung

In der aktuellsten Studie zur Hintergrundbelastung durch Blei (GERBRACHT ET AL, 2005) wird eine Untersuchung aus dem Jahre 1998 zitiert: Die von 14 bis 47 Monate alten Kindern über Lebensmittel aufgenommene Blei-Dosis (Median) betrug 5,9 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{w}$. Dies entspricht einem Ausschöpfungsgrad des PTWI von 24%. Die Autoren der Studie gehen ebenfalls davon aus, dass Lebensmittel die Hauptquelle für die Blei-Belastung von Kleinkindern sind.

Ausschöpfung PTWI: 24%

2.3 Fazit

Die Daten zur Hintergrundbelastung deutscher Kleinkinder stammen zum Teil aus der Zeit, als das Superbenzin noch verbleit war. Mit dem Verzicht auf verbleites Benzin (ab 1996, WIKIPEDIA 2008) ist die Blei-Belastung der Lebensmittel in Deutschland am Sinken (OBENLAND ET AL, 2004).

Blei-Belastung
heute tiefer

Der durchschnittliche Ausschöpfungsgrad des PTWI von Blei scheint bei deutschen Kleinkindern aktuell zwischen 20% und 30% zu liegen. Wir gehen davon aus, dass die Hintergrundbelastung von Schweizer Kleinkindern gleich gross ist.

Ausschöpfung PTWI:
20%-30%

Fazit: Schweizer Kleinkinder dürften zurzeit durchschnittlich etwa 25% des PTWI von Blei ausschöpfen, d.h. sie nehmen pro Woche und Kilogramm Körpergewicht insgesamt (über alle Quellen) rund 6 µg Blei auf.

Ausschöpfung PTWI
CH-Kinder: 25%

3 PFAD DIREKTE BODENAUFNAHME

3.1 Formel für die Berechnungen

Für die Berechnung der Blei-Dosis, welche Kleinkinder im Alter von 1 bis 4 Jahren über den Expositionspfad *Direkte Bodenaufnahme* aufnehmen können, wurde Gleichung (1) verwendet (JAUSLIN, 2005).

$$WIR = \frac{C_S \cdot m_S \cdot Efr \cdot UF}{BW \cdot AT} \quad (1)$$

WIR: Wöchentlich aufgenommene Blei-Dosis (mg/kg-w)

C_S: Blei-Gehalt des Bodens (mg/kg Trockensubstanz (TS))

m_S: Täglich aufgenommene Bodenmenge (kg/d)

Efr: Expositionshäufigkeit (d/3 Jahre (a))

UF: Umrechnungsfaktor Tag à Woche (7d/w)

BW: Körpergewicht (kg)

AT: Bezugszeitraum (d/3a)

3.2 Annahmen

Die für die Berechnungen verwendeten Input-Parameter sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 3-1: Blei-Gehalt des Bodens (C_S, mg/kg TS)

Blei-Gehalt	Minimum	Maximum	Verteilung
300 - 400	300	400	uniform
400 - 500	400	500	uniform
500 - 600	500	600	uniform
600 - 700	600	700	uniform
700 - 800	700	800	uniform
800 - 900	800	900	uniform
900 - 1000	900	1000	uniform

Die in der Tabelle aufgeführten Belastungsklassen decken den Bereich zwischen dem VBBö-Prüfwert für Nutzungen mit möglicher direkter Bodenaufnahme (300 mg/kg TS) und dem VBBö-Sanierungswert für Haus- und Familiengärten (1000 mg/kg TS) ab. Der höchste im Untersuchungsgebiet in einer Boden-Probe (Probenahmetiefe: 0–20 cm) aus einem Gemüsegarten festgestellte Blei-Gehalt lag bei 486 mg/kg TS (vergleiche Arbeitspapier AUE von 2008).

Tabelle 3-2: Täglich aufgenommene Bodenmenge (m_s , kg/d)

Alter	Mittelwert	Minimum	Maximum	STDABW	Verteilung
1 – 4 Jahre	240×10^{-6}	85×10^{-6}	500×10^{-6}	137×10^{-6}	lognormal

STDABW: Standardabweichung

Die in der Tabelle aufgelisteten Faktoren sind dieselben wie beim Projekt P3 Dornach (JAUSLIN, 2005, Tabelle 36).

Die *Expositionshäufigkeit* (Efr) wurde in Abhängigkeit des Szenarios variiert. Die entsprechenden Faktoren sind in Kapitel 3.3 aufgelistet.

Tabelle 3-3: Körpergewicht (BW, kg)

Alter	Mittelwert	Minimum	Maximum	STDABW	Verteilung
1 – 4 Jahre	13,3	10,0	17,0	2,0	normal

STDABW: Standardabweichung

Die in der Tabelle aufgelisteten Faktoren sind dieselben wie beim Projekt P3 Dornach (YOUHAI LIN, 1994).

Als *Bezugszeitraum* (AT) wurden 1095 Tage in drei Jahren eingesetzt.

3.3 Szenarien

Für die *Expositionshäufigkeit* (Efr) wurden die in Tabelle 3-4 aufgelisteten Zahlen verwendet.

Tabelle 3-4: Szenarien Ist-Zustand

Efr (d/a)	Efr (d/3a)	Bezeichnung
52	156	
104	312	Realistischer Fall
156	468	Schlechter Fall
209	627	
245	735	Worst Case

Der *Realistische Fall* bedeutet, dass sich ein Kleinkind in den Monaten März bis Oktober durchschnittlich an drei Tagen pro Woche im Garten befindet (und sich frei bewegen kann). Im *Schlechten Fall* würde sich ein Kleinkind in der erwähnten Zeitspanne an durchschnittlich 4,5 Tagen im Garten aufhalten, während es im *Worst Case* von März bis Oktober jeden Tag dort wäre.

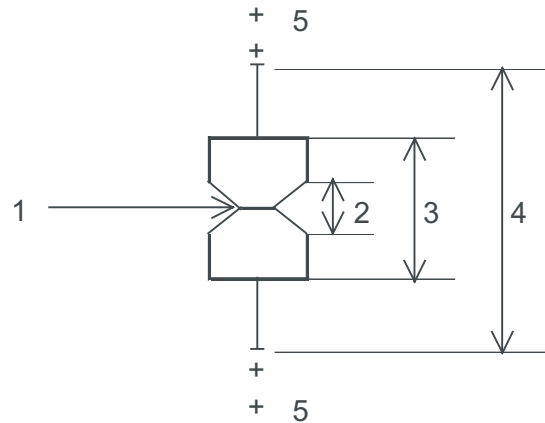
Realistischer Fall: 3d/w

ANHANG

- 1 Lesebeispiel Abbildungen
- 2 Abbildungen

ANHANG 1

Lesebeispiel Abbildungen



1	Median	50 % Perzentilwert
2	Konfidenzintervall	95 % Vertrauensbereich für den Median
3	Interquartilsbereich	enthält die Werte zwischen dem 25 % und 75 % Perzentil, und somit 50 % aller Werte
4	Innerer Zaun	Maximal das 1.5 fache des Interquartilsbereichs
5	Aussenpunkte	Werte ausserhalb des inneren Zauns

Grundlage:

Anhang Zusatzprojekt Gefährdungsabschätzung
Bodenbelastungsgebiet Dornach

FRIEDLIPARTNER AG

GEOTECHNIK ALTLASTEN UMWELT

Gefährdungsabschätzung

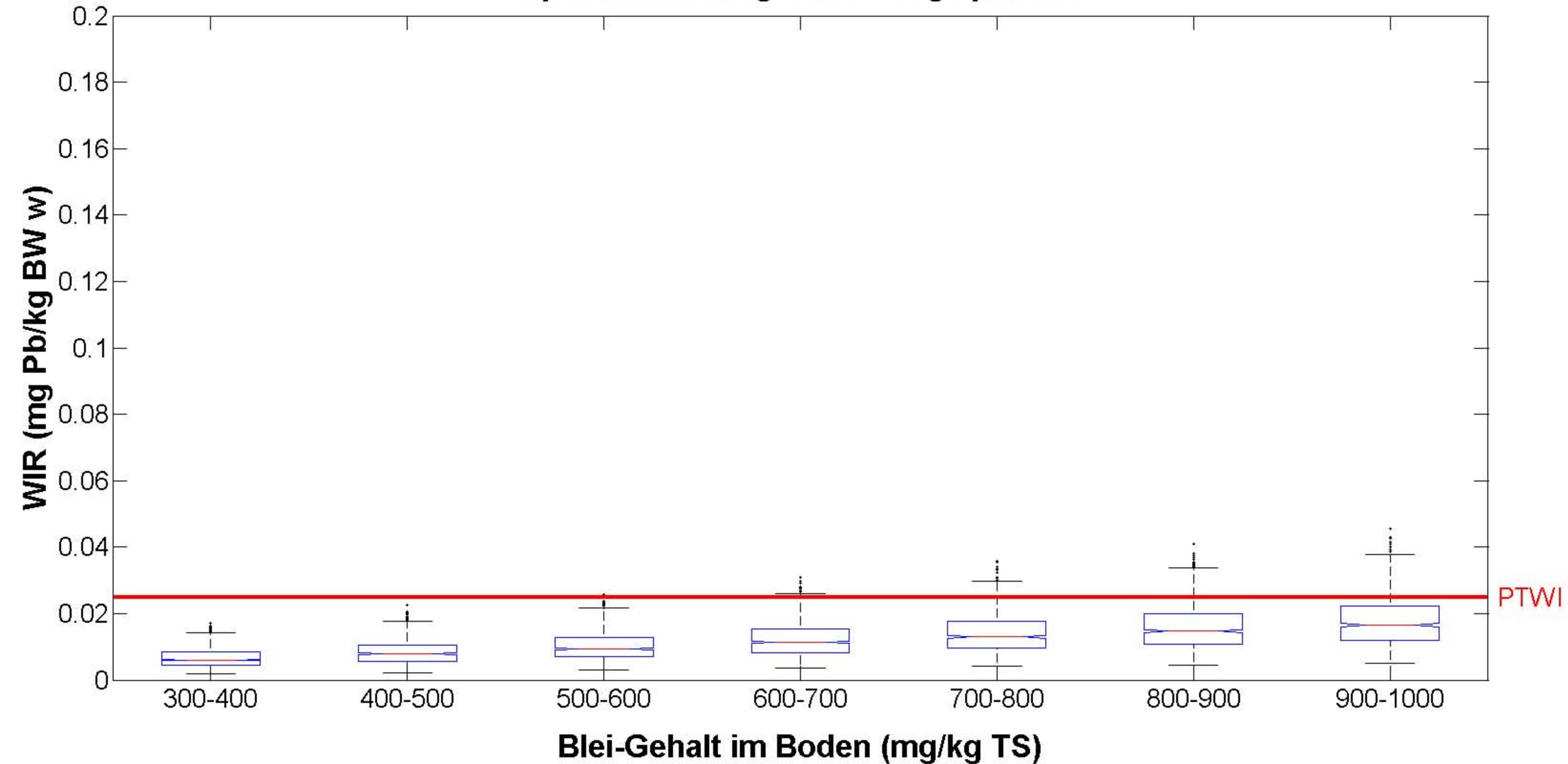
Mit Blei belastete Gemüsegärten Pratteln

08.124

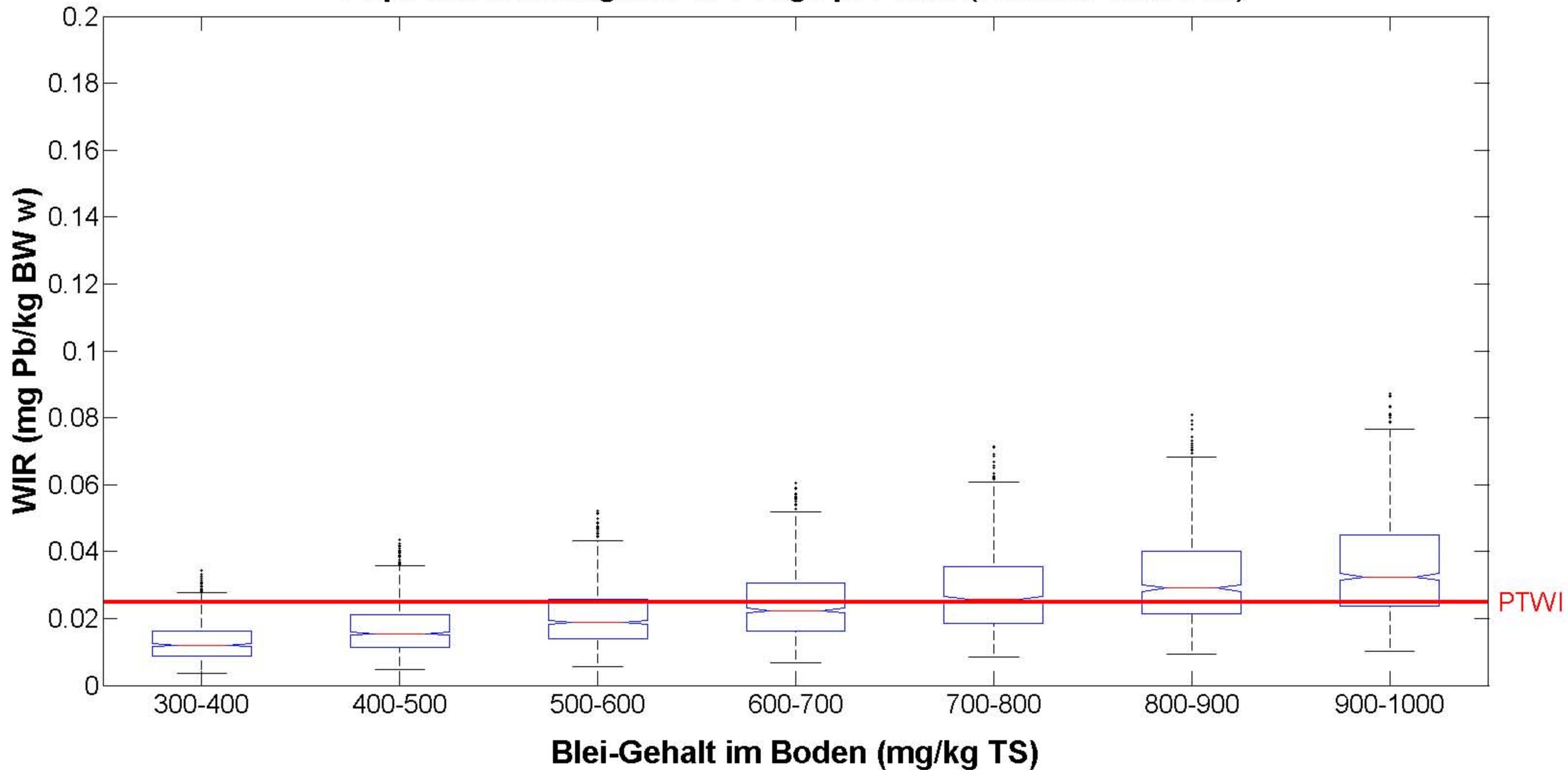
ANHANG 2

Abbildungen

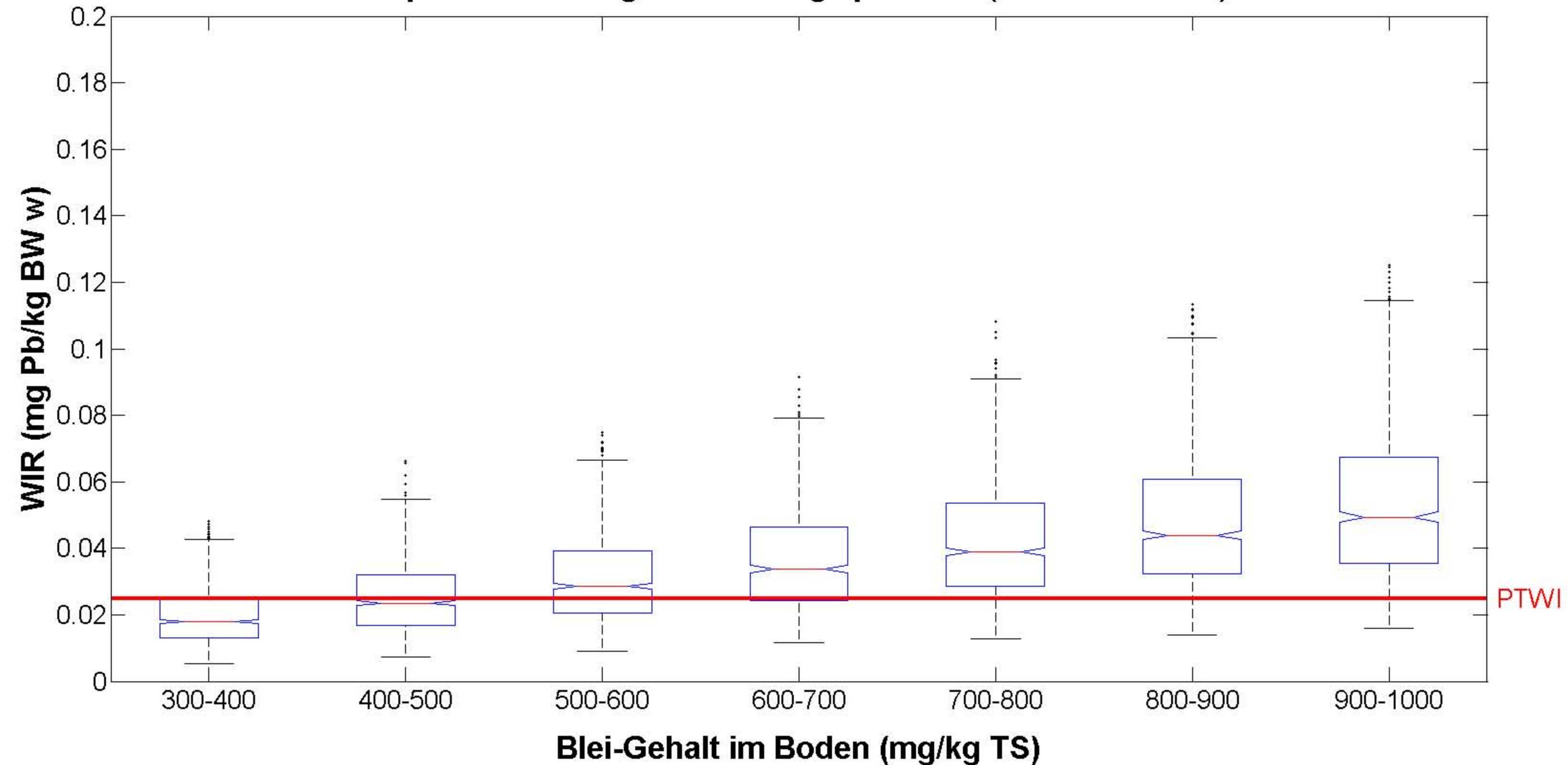
Expositionshäufigkeit: 52 Tage pro Jahr



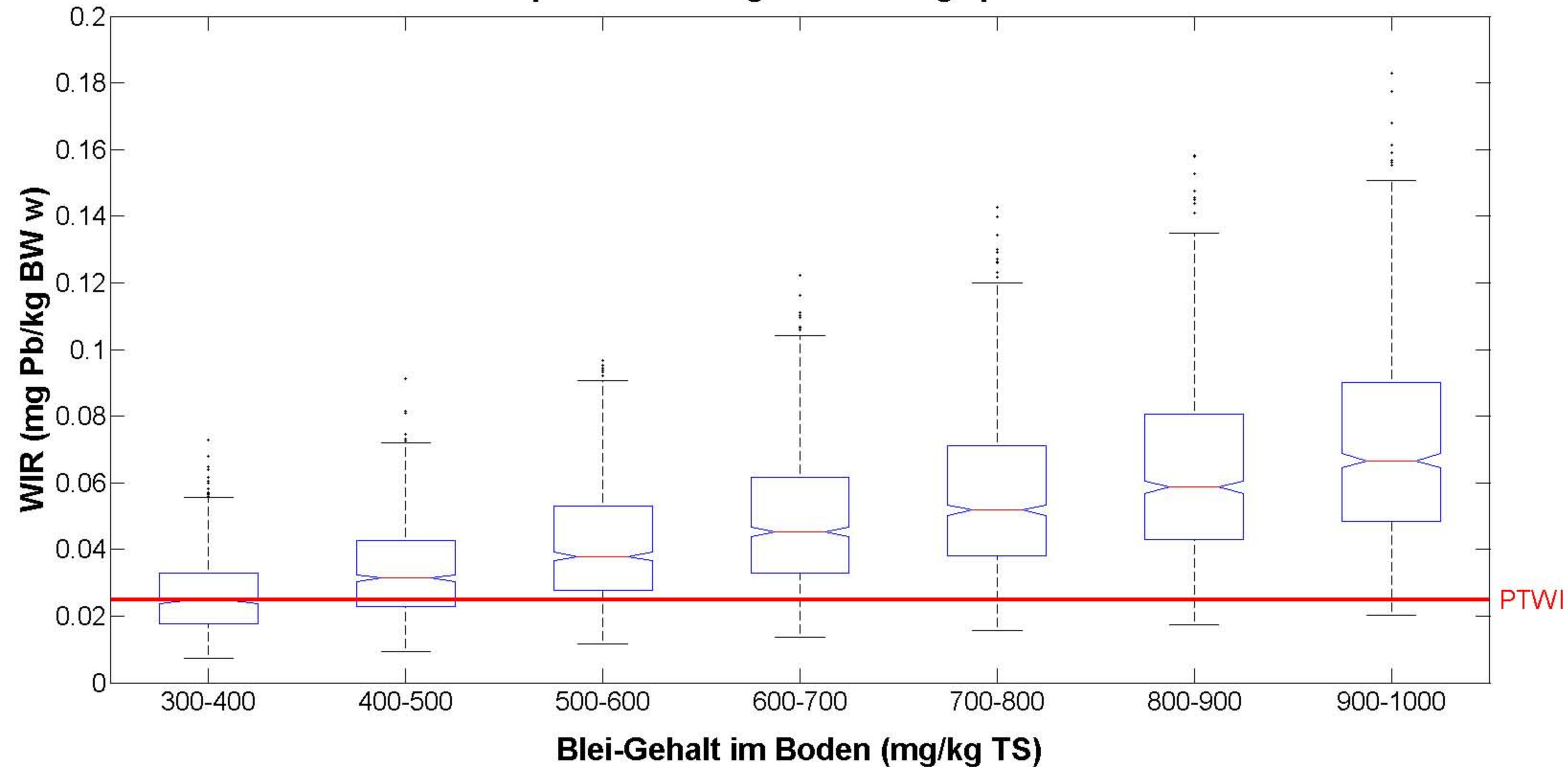
Expositionshäufigkeit: 104 Tage pro Jahr (Realistischer Fall)



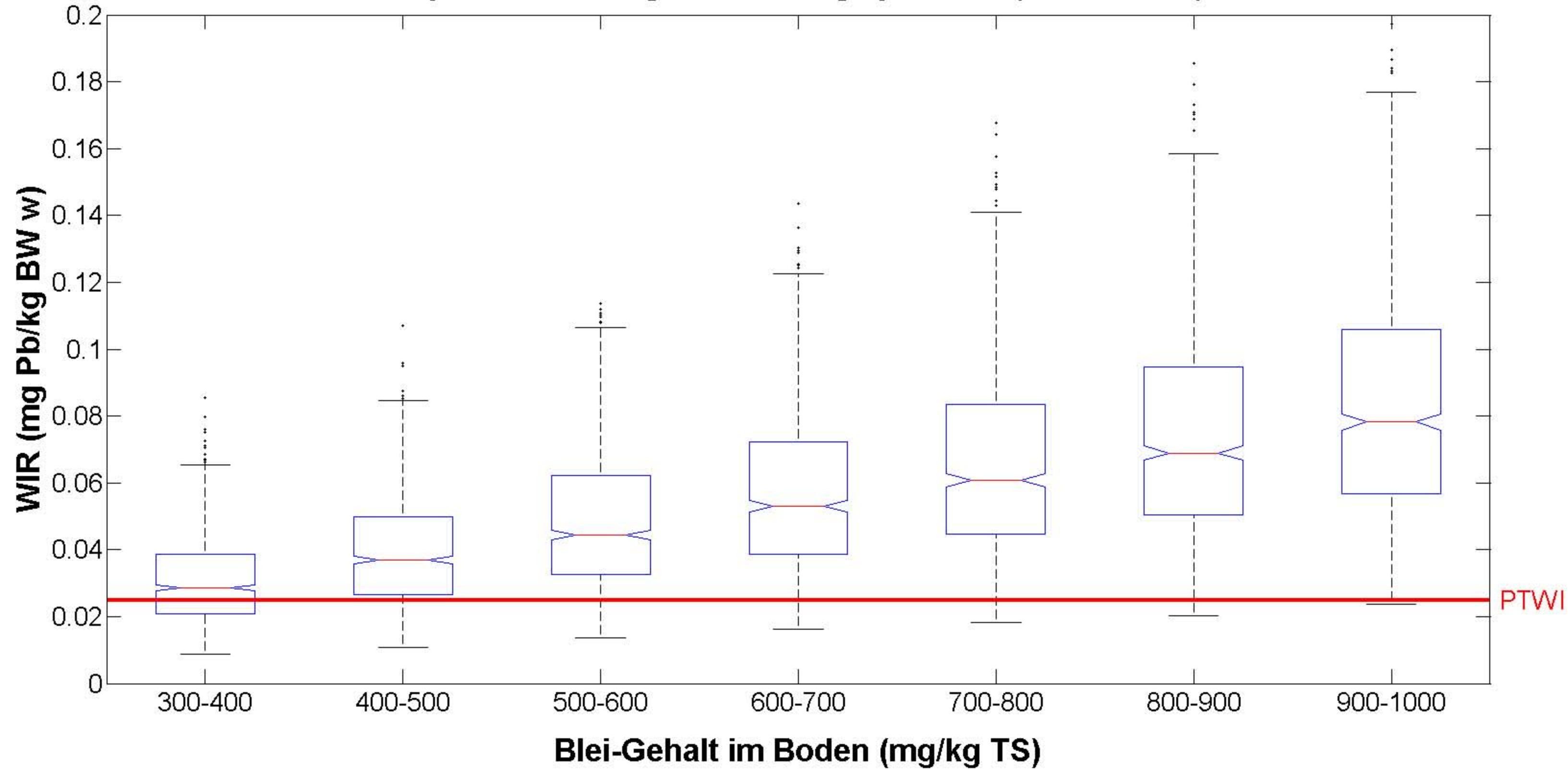
Expositionshäufigkeit: 156 Tage pro Jahr (Schlechter Fall)



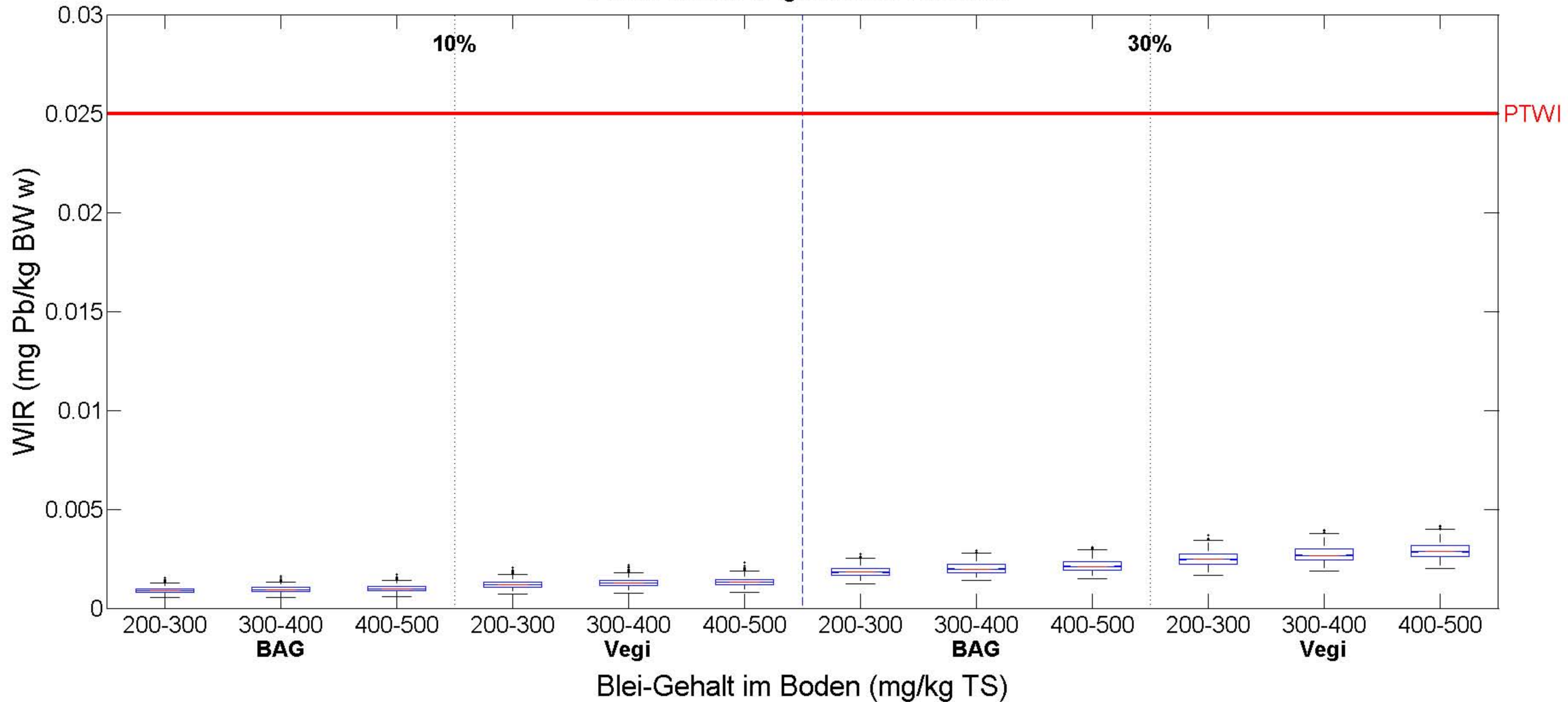
Expositionshäufigkeit: 209 Tage pro Jahr



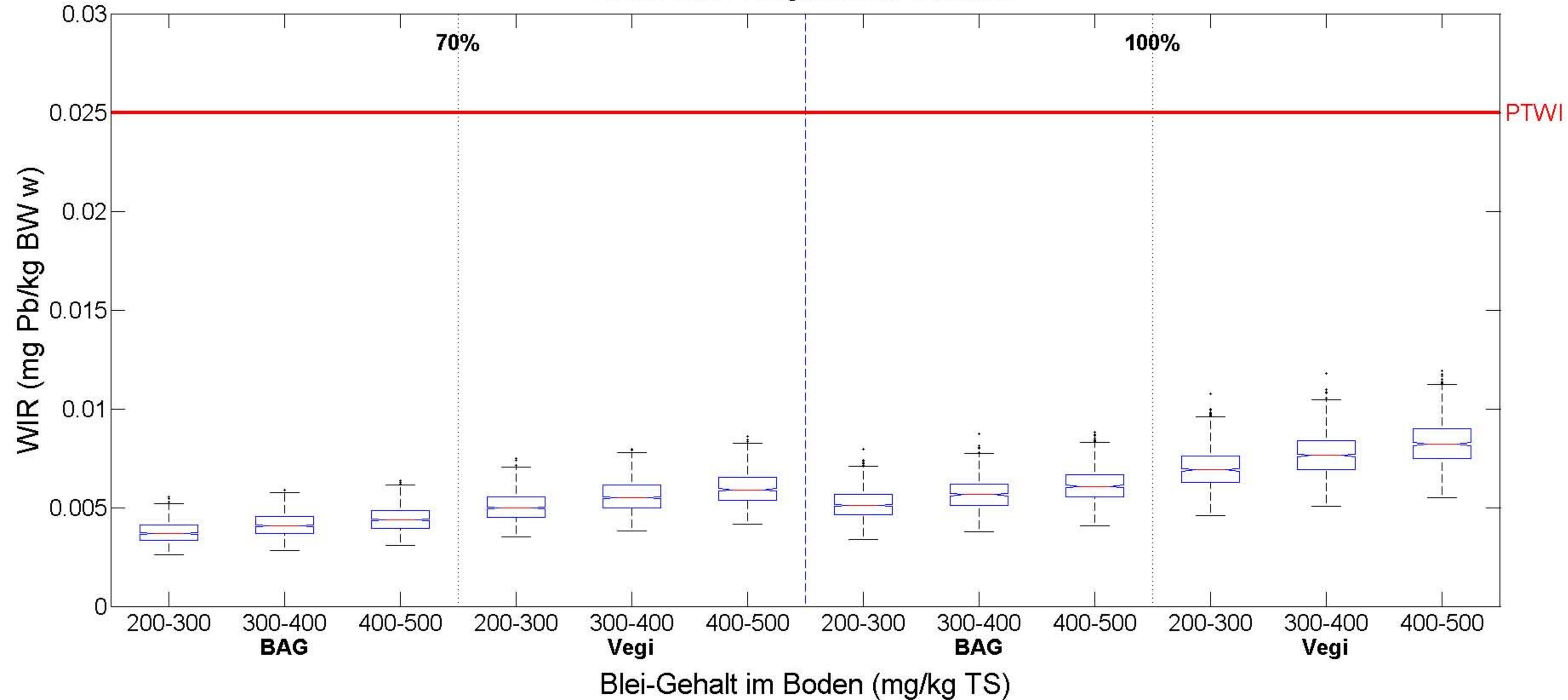
Expositionshäufigkeit: 245 Tage pro Jahr (Worst Case)



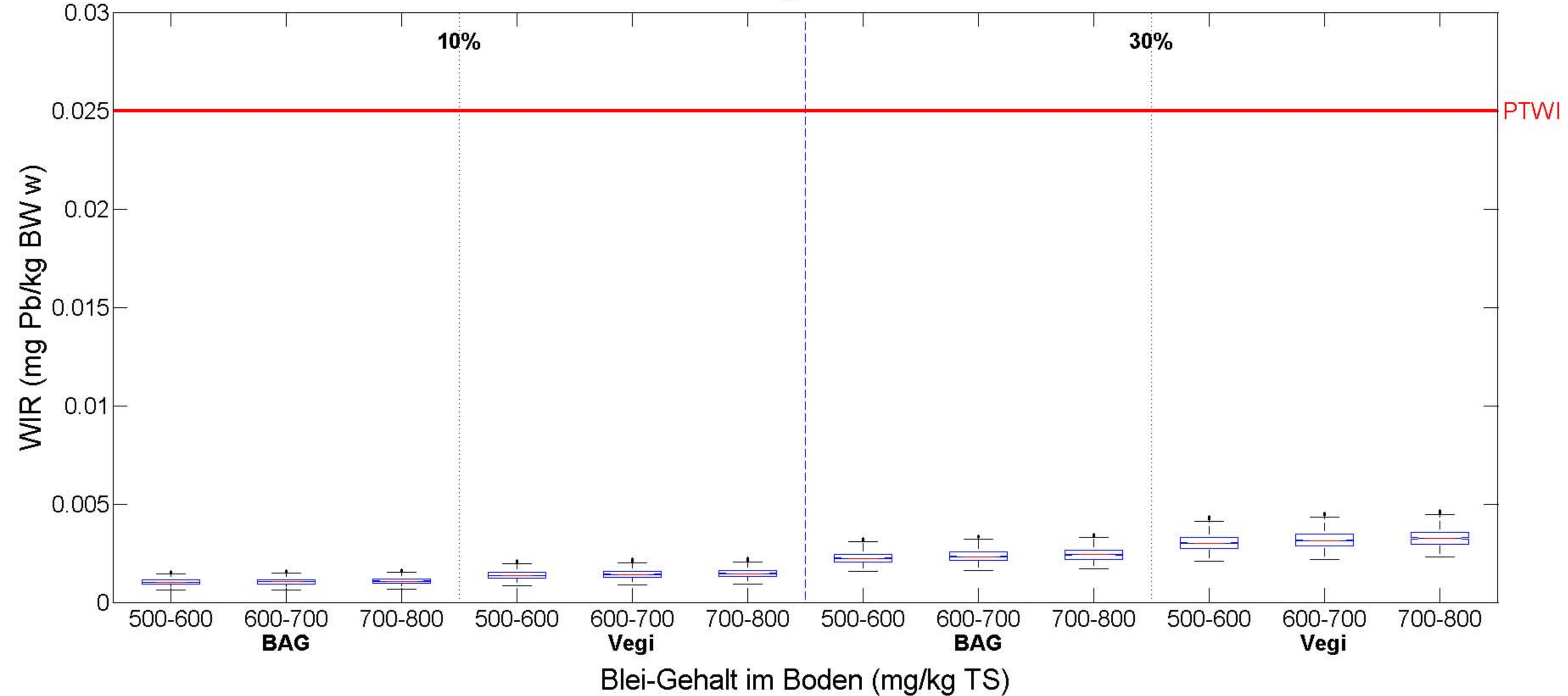
Anteil selbst angebautes Gemüse



Anteil selbst angebautes Gemüse



Anteil selbst angebautes Gemüse



Anteil selbst angebautes Gemüse

