



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**

Biomonitoring von Luftschadstoffen in Luxembourg Im Jahr 2010

Immissions-Wirkungserhebungen mit Staudensellerie (Block 3) und Grünkohl (Block 2 + 4)

Auftraggeber: ADMINISTRATION DE LE'ENVIROMENT
DIVISION AIR/BRUIT
16 rue Eugène Ruppert
L-2453 Luxembourg

Bericht-Nr.: 1496648

Art der Messung: Immissionswirkungserhebungen mit
Staudensellerie und Grünkohl

Zeitraum der Messungen: Mai – Dezember 2010

Berichtumfang: 64 Seiten

Der fachlich Verantwortliche

Die Projektbearbeiterin

.....
(Dipl.-Biol. Walter Maier)

.....
(Dipl.-Ing. Elzbieta Wicher-Albrecht)

Datum: 31.03.2011

Unsere Zeichen:
IS-US3-STG/mai

Dokument:
Bericht-1496648-
vers.08.04.2011Holger.docx

Bericht Nr. 1496648

Das Dokument besteht aus
64 Seiten.
Seite 1 von 64

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.



Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-sued.de/impressum

Aufsichtsrat:
Karsten Xander (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 711 7005-0
Telefax: +49 711 7005-0
www.tuev-sued.de/is



TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Niederlassung Stuttgart
Abteilung Gutachten
Gottlieb-Daimler-Str. 7
70794 Filderstadt
Deutschland



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Aufgabenstellung.....	4
2. Aktives Biomonitoring mit Staudensellerie und Grünkohl.....	7
2.1 Materialien.....	7
2.1.1 Saatgut / Sorte	7
2.1.2 Substrat.....	7
2.1.3 Düngelösung	7
2.1.4 Wasser.....	7
2.1.5 Expositionsvorrichtung	7
2.2 Anzucht	8
2.2.1 Anzucht und Kulturführung.....	8
2.2.2 Düngung	8
2.3 Exposition.....	8
2.3.1 Probendefinition	8
2.3.2 Probenahme.....	8
3. Bewertungskriterien.....	9
4. Ergebnisse	11
4.1 Arsen.....	11
4.2 Blei.....	13
4.3 Cadmium.....	15
4.4 Chrom	17
4.5 Quecksilber	19
4.6 Nickel	21
4.7 Molybdän.....	23
4.8 Zink	25
4.9 Benzo(a)pyren.....	27
4.10 PAH-Summe (EPA 610)	29
4.11 TE nach WHO 97 (PCDD/F).....	31
4.12 TE nach WHO 97 (PCB).....	33
4.13 TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB).....	35
5. Abwaschbarkeit der Stoffe.....	37
6. Belastungsunterschiede im Messnetz	38
7. Anhang.....	41
Tabelle A1: PAH in exponierten Grünkohlpflanzen aus verschiedenen Gebieten Mitteleuropas (Konzentrationsangaben in µg/kg TS).....	41



Tabelle A2: Dioxin/Furangehalte in exponierten Grünkohlpflanzen sowie in Nahrungspflanzen von Standorten unterschiedlicher Landnutzung bzw. im Einwirkungsbereich von Emittenten aus verschiedenen Gebieten Mitteleuropas (1989 bis 2004).....	42
Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 2)	43
Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 3)	44
Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 4)	45
7.1 Dioxine und Furane TE nach WHO 06	46

1. Einführung und Aufgabenstellung

Im Auftrag der ADMINISTRATION DE L'ENVIROMENT führte die TÜV SÜD Industrie Service GmbH im Jahr 2010 die Kampagnen 2, 3 und 4 des Biomonitoringprogramms durch. In standardisiert ausgebrachten Topfkulturen von Grünkohl in Block 2 und 4 und Stangensellerie in Block 3 wurde die Anreicherung der Schadstoffe aus der Luft ermittelt. Die Bioindikatoren wurden auf die organischen Schadstoffe polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Biphenyle (PCB) und Dioxine / Furane (PCDD/F) sowie ausgewählte Schwermetalle untersucht.

Die Anzucht der Pflanzen im Gewächshaus und die Ausbringung an den Messstationen vor Ort erfolgt in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3957, Blatt 3: 2008 „Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl“. Da die in Topfkulturen wachsenden Bioindikatorpflanzen in keinem Kontakt zum natürlichen Boden stehen und die Wasserversorgung über die Glasfaserdochte aus Vorratsgefäßen (hier Kunststoffwannen) erfolgt, sind die nach der Exposition chemisch analysierten Schadstoffgehalte ausschließlich auf den Eintrag der Schadstoff über den Luftpfad, also die aktuell vorhandene Luftverschmutzung zurück zu führen. Die Ergebnisse ermöglichen damit die Rückschlüsse auf die Luftbelastungssituation und geben Hinweise auf mögliche gesundheitsrelevante Schadstoffanreicherungen in Gemüsepflanzen für den menschlichen Verzehr.

Die Untersuchungen wurden an bis zu 7 verschiedenen Standorten durchgeführt (vgl. Abb. 1). Dabei wurden sowohl Bereiche mit überwiegend industrieller Nutzung als auch Standorte im ländlichen Raum erfasst. Die nachfolgende Abbildung gibt die ungefähre Lage der Messstationen auf dem Staatsgebiet von Luxemburg wieder. Die Tabelle 1 auf Seite 5 beinhaltet nähere Angaben zu Lage, umgebender Nutzung und Umfang der chemischen Analysen an den einzelnen Messpunkten. Die chemischen Analysen wurden durch das akkreditierte Umweltlabor der TÜV SÜD Industrie Service GmbH durchgeführt.

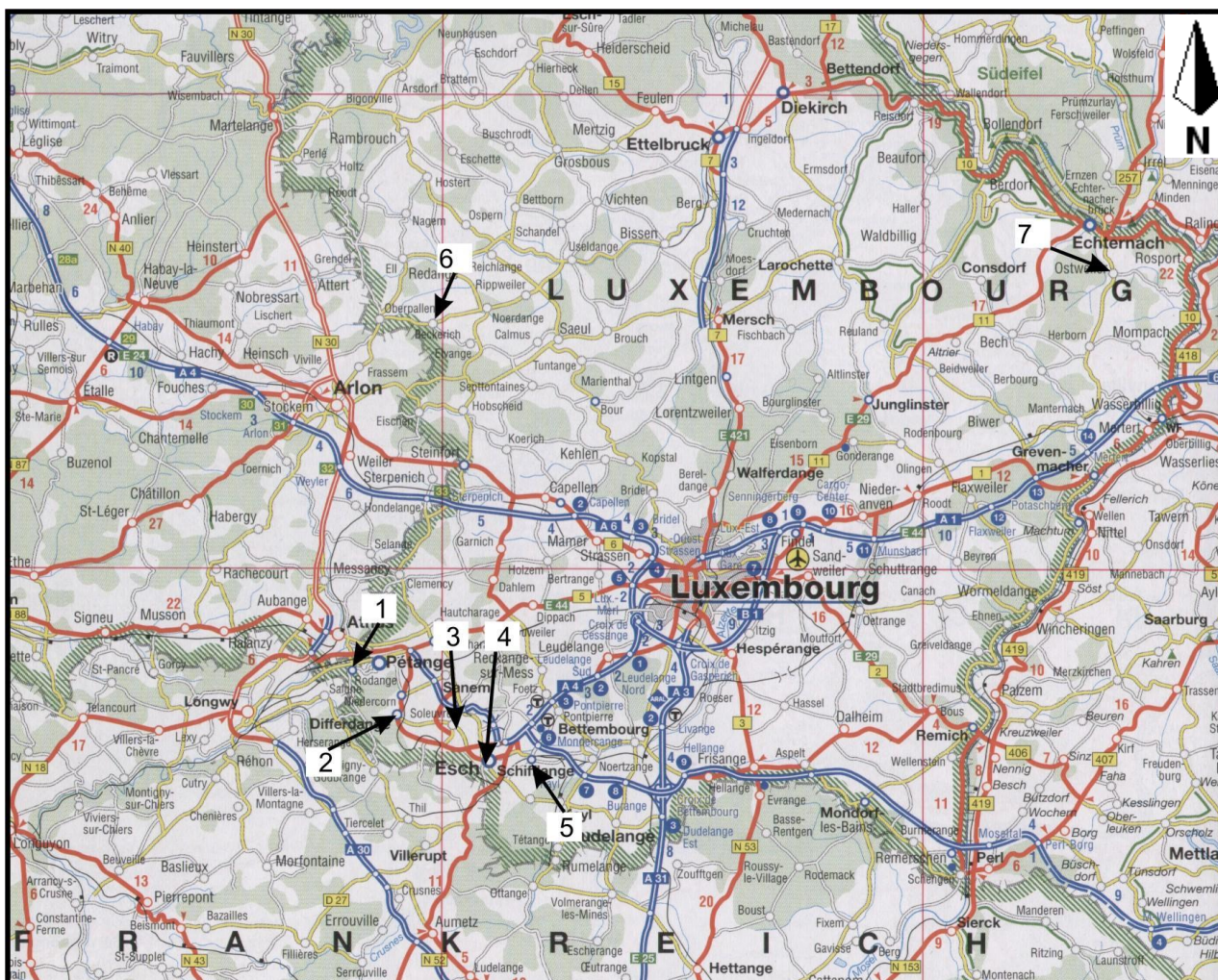


Abb. 1: Messnetz – ungefähre Lage der Messstellen



Tabelle 1: Messstation und Analysenparameter

Nr.	Standort	Nutzung	PCDD/F + PCB			PAH			Metalle		
			Grünkohl	Sellerie	Grünkohl	Grünkohl	Sellerie	Grünkohl	Grünkohl	Sellerie	Grünkohl
1	Rodange (Rue Fontaine d'Oliere)	ländlich - industriell	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Differdange (Cité Henri Grey)	städtisch - industriell	X	X	X	X	X	X	X / W	X / W	X / W
3	Belvaux (Rue de l'Électricité)	ländlich			X			X			X
4	Esch/Alzette (Rue des Tramways)	ländlich - industriell	X	X	X	X	X	X	X / W	X / W	X / W
5	Schifflange (Cité Um Benn)	städtisch - industriell	X	X	X	X	X	X	X / W	X / W	X / W
6	Osweiler (Rue de Dickweiler)	ländlich	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Beckerich (Rue de Diekirch)	ländlich	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Probe aus Handel		X	X	X	X	X	X	X	X	X

X – ungewaschene Probe, Analyse sämtlicher vorgesehener Parameter

W – gewaschene Probe, Analyse auf Schwermetalle

2. Aktives Biomonitoring mit Staudensellerie und Grünkohl

Die Anzucht der Bioindikatorpflanzen erfolgte in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3957, Blatt 3, „Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Verfahren der standardisierten Exposition von Grünkohl“.

2.1 Materialien

2.1.1 Saatgut / Sorte

- Staudensellerie ‚Imperial‘
- Grünkohl ‚Halbhoher grüner Krauser‘

2.1.2 Substrat

Einheitserde Typ ED73 mit Grunddüngung und Flusssand (1 Volumenanteil Sand auf 8 Volumenanteile Einheitserde)

2.1.3 Düngelösung

Die Düngelösung aus Laborchemikalien (p.a.) enthält je Liter deionisiertem Wasser:

- 5,8 g KH_2PO_4
- 8,5 g KNO_3
- 5,3 g NH_4NO_3
- 10,3 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Der Dünger wird für jede Düngung frisch angesetzt.

2.1.4 Wasser

Das zum Gießen verwendete Wasser besitzt Trinkwasserqualität.

2.1.5 Expositionsvorrichtung

Die Expositionsvorrichtung besteht aus folgenden Teilen (vgl. VDI Richtlinie 3957, Blatt 3, Nr.

3.1.4)

- Pflanztöpfe mit 20 cm Durchmesser
- Je zwei Saugdochte aus Glasfaser (\varnothing 5mm, Länge 90 cm)
- Styroporplatten zur Aufnahme der Pflanzentöpfe
- Kunststoffwannen (Euronorm-Stapelkisten) als Wasservorratsbehälter
- Rahmengestell aus vollverzinktem Stahlprofil

2.2 Anzucht

Die Anzucht der Bioindikatoren erfolgt im TÜV-eigenen Gewächshaus über einen Zeitraum von ca. 4 – 5 Wochen.

2.2.1 Anzucht und Kulturführung

- Aussaat der Samen in Schalen.
- Nach vollständiger Entfaltung der Keimblätter (ca. 1 – 2 Wochen) werden die Keimlinge in Multitopfplatten pikiert.
- Bevor die Pflanzen vergeilen, werden sie einzeln in kleine Töpfe umgesetzt.
- Eine Woche vor der Exposition werden die Pflanzen in die großen Töpfe (Ø 20 cm) ausgepflanzt.

2.2.2 Düngung

Vor der Exposition erhält jede Pflanze 100 ml Düngelösung, die mit Wasser eingeschwemmt wird.

2.3 Exposition

Der Expositionszeitraum der Sellerie- und Grünkohlpflanzen beträgt etwa 8 Wochen.

Die exponierten Grünkohl-Pflanzen besitzen zum Beginn der Exposition mindestens 10 ± 2 Blätter, wobei das jüngste Blatt eine Mindestlänge von 15 cm aufweisen muss. Dieses Blatt wird mit einem Nelkenring o.ä. markiert und dient als Referenzblatt bei der Probenahme.

Expositionszeitraum Block 2 (Grünkohl): 26.05.2010 – 22.07.2010

Expositionszeitraum Block 3 (Sellerie): 22.07.2010 – 06.10.2010

Expositionszeitraum Block 4 (Grünkohl): 06.10.2010 – 16.12.2010

2.3.1 Probendefinition

- Vor der Probenahme erfolgt eine Bonitur des Zustandes der Indikatorpflanzen
- Der Probenumfang umfasst laut VDI Richtlinie das Ringblatt, die beiden nächst älteren und die fünf nächst jüngeren Blätter

2.3.2 Probenahme

Es werden mindestens 6 Pflanzen je Messpunkt und Probe geerntet.

3. Bewertungskriterien

Die zur Verfügung stehenden Bewertungskriterien für Schadstoffgehalte in Pflanzen sind in der nachfolgenden Tabelle 2 auf Seite 10 zusammengefasst.

In Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Lebensmittel- und Futtermittelüberwachung werden primär die Höchstgehalte von bestimmten Kontaminanten als Bewertungskriterien in Betracht gezogen. Besondere Beachtung wird den EU-Verordnungen und den EU-Richtlinien gewidmet.

- Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in den Lebensmitteln
- Empfehlung 2006/88/EG der Kommission vom 6. Februar 2006 zur Reduzierung des Anteils von Dioxinen, Furanen und PCB in Futtermitteln und Lebensmitteln.
- 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 die unerwünschten Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB
- Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung

Orientierend können herangezogen werden:

- Werte des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes (BGA/ZEBS) für Schadstoffe in Lebensmitteln

Ergänzend wird auf Ergebnisse von Bioindikatoruntersuchungen des TÜV SÜD in unterschiedlich belasteten Gebieten verwiesen (vgl. auch die im Anhang beigefügten Tabellen zu den Gehalten organischer Schadstoffe in Pflanzen). Zudem ist ein Vergleich mit Literaturangaben über Normalgehalte von Spurenelementen in Pflanzen möglich.

Die Berechnung der Toxizitätsäquivalente (TE) aus den Analysenwerten der PCDD/F und PCB erfolgt für die nachfolgende Ergebnisdarstellung auf Basis der Äquivalenzfaktoren gemäß WHO 97, da diese zu höheren Werten führen als die Äquivalenzfaktoren gemäß WHO 06 (vgl. Dokumentation der Einzelergebnisse im Anhang).

Tabelle 2: Bewertungskriterien

		Bezug	Schadstoff												
			Mg / kg							µg / kg		ng TE / kg			
			As	Pb	Cd	Cr	Hg	Ni	Mo	Zn	BaP	PAH-Summe	PCDD/F	PCB	PCDD/F +PCB
Lebensmittel- überwachung	EU 1881/2006 - Kohlgemüse - Blattgemüse - Stängelgemüse - Gemüse	FG		0,30 0,30 0,10	0,20 0,10 0,05										
	2006/88/EG Empfehlung für Auslösewerte Obst / Gemüse	FG										0,4	0,2		
	Großherzogliches Reglement vom 11. Dezember 1991	FG				0,03									
	Staatliches Umweltamt Luxembourg -Orientierungswert für intensivierte Überwachung -Interventionswert	TS												3 10	
	ZEBS / BGA (Orientierungswerte) - Blattgemüse - Grünkohl	FG	0,2	0,8 2,0	0,10		0,05								
Futtermittel- über- wachung	2002/32/EG 2006/13/EG Heimtierfutter Höchstgehalt Heimtierfutter Auslösewerte *) bezogen auf 12% Feuchte	TS*)										2,25 1,75	3,5	7,0	
Vergleichswerte	Grünkohl - Kontrollpflanzen (gefilt. Luft) - Hintergrund (ländlicher Bereich) - städtisch - industriell	TS	0,2 < 0,2	0,5 < 0,2	0,1 < 0,1	< 0,3	0,05	< 5	< 1	32 < 40	2,0 < 10 < 20 < 40	170 < 1000 < 2000 < 3000	0,4 < 1,0 < 2,0 < 5,0		
	Normalgehalt in Pflanzen	TS	< 0,1 - 1,5	< 0,1 - 5,0	< 0,1 - 1,0	< 0,1 - 1,0	< 0,2	< 0,1 - 1,0	< 0,1 - 0,3	< 25 - 150					

4. Ergebnisse

4.1 Arsen

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,04	0,01	19,0	0,25	0,05	13,8	0,03	0,003
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,07	0,01	15,3	0,13	0,02	16,3	0,03	0,004
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	0,05	0,01	17,0	0,11	0,02	14,6	0,03	0,004
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,03	0,004
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,07	0,01	18,5	0,25	0,05	15,7	0,07	0,011
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	0,09	0,02	18,2	0,19	0,03	16,1	0,03	0,004
5	Schiffange - Cité Um Benn	17,2	0,06	0,01	17,1	0,22	0,04	15,8	0,03	0,004
5W-SM	Schiffange - Cité Um Benn	16,7	0,04	0,01	15,8	0,22	0,03	15,4	0,03	0,004
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,07	0,02	18,9	0,25	0,05	13,5	0,03	0,003
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,07	0,01	17,5	0,14	0,02	14,9	0,03	0,004

¹⁾ Gehalte kleiner der Nachweisgrenze wurden in halber Höhe der Nachweisgrenze für die Berechnung des Gehaltes im Frischgewicht herangezogen

ZEBS/BGA – Orientierungswert Blattgemüse

0,2 mg/kg FG

Grünkohl - Hintergrundwert

0,2 mg/kg TS

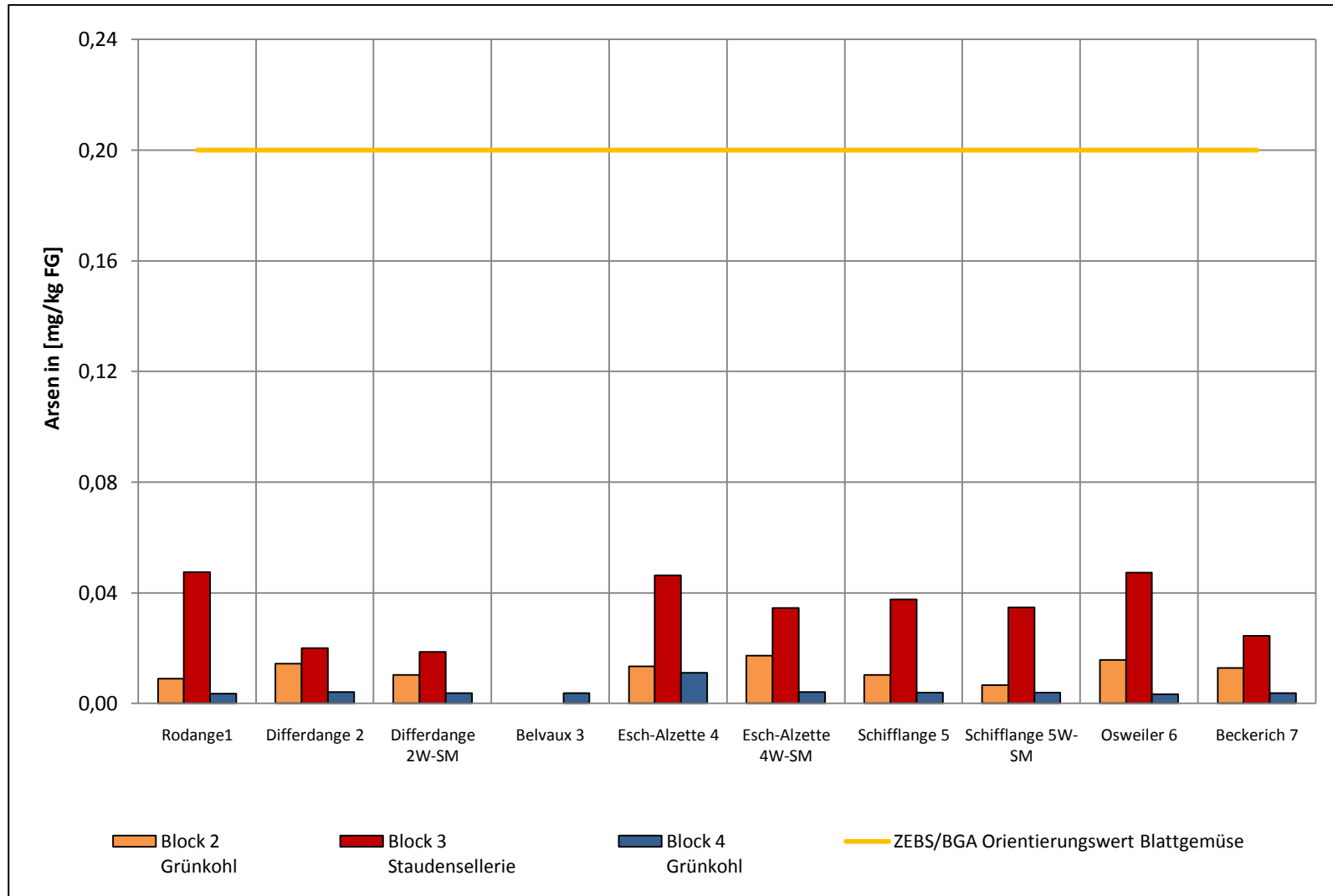


Abb. 2: Arsen-Gehalt in Bioindikatorpflanzen

4.2 Blei

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,2	0,05	19,0	0,9	0,17	13,8	1,3	0,18
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,5	0,10	15,3	2,4	0,37	16,3	4,4	0,72
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	0,3	0,06	17,0	1,2	0,20	14,6	1,4	0,20
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,7	0,10
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,4	0,08	18,5	5,4	1,00	15,7	2,3	0,36
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	0,3	0,06	18,2	2,0	0,36	16,1	1,6	0,26
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	0,5	0,09	17,1	5,4	0,92	15,8	3,0	0,47
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	0,4	0,07	15,8	1,8	0,28	15,4	1,6	0,25
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,2	0,05	18,9	0,9	0,17	13,5	0,4	0,05
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,1	0,02	17,5	0,7	0,12	14,9	0,3	0,04

EU Verordnung 1881/2006 Höchstwert Kohlgemüse

0,3 mg/kg FG

EU Verordnung 1881/2006 Höchstwert Gemüse

0,1 mg/kg FG

Grünkohl - Hintergrundwert

0,2 mg/kg TS

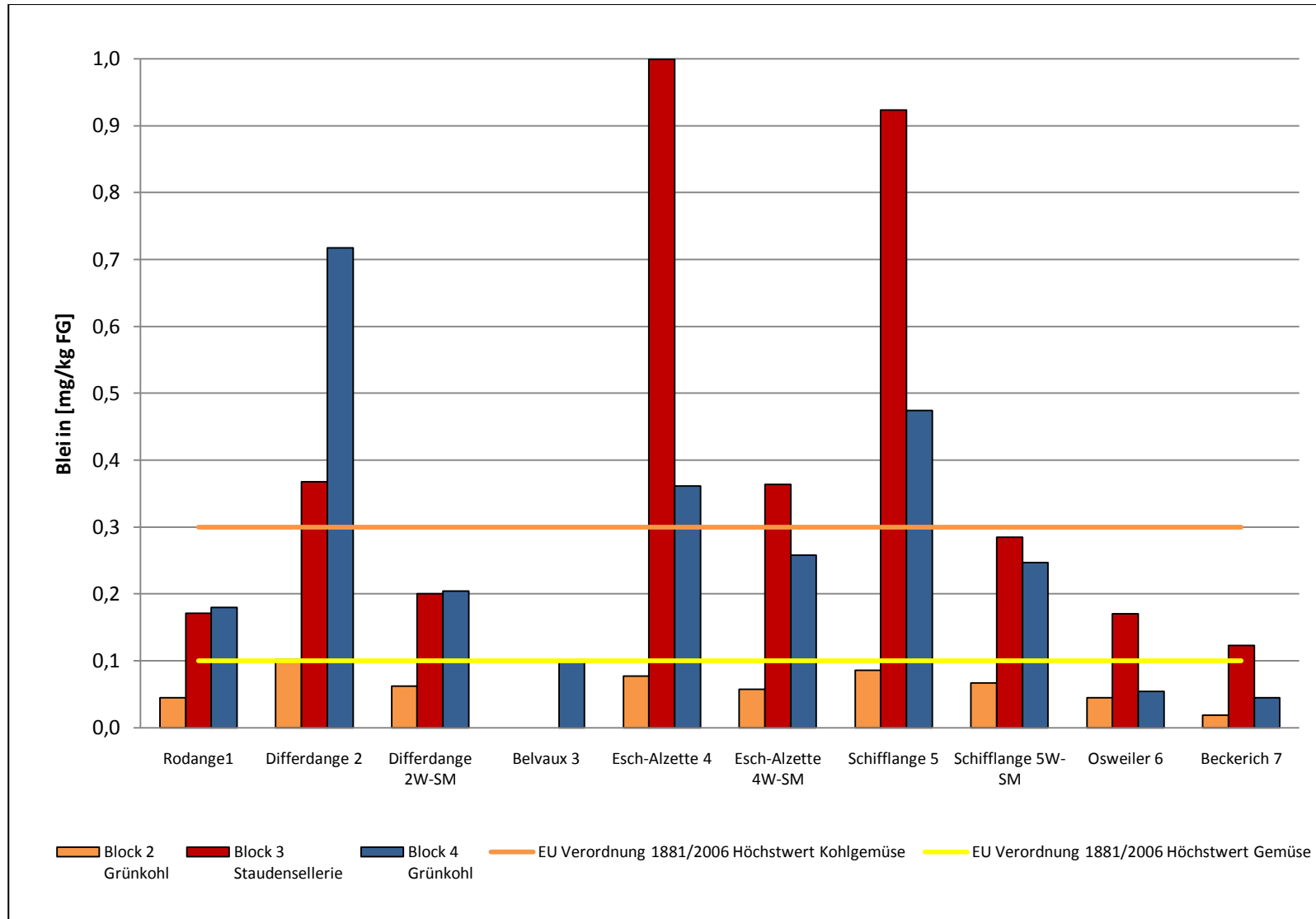


Abb. 3: Blei-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.3 Cadmium

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,10	0,02	19,0	0,12	0,02	13,8	0,13	0,02
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,08	0,02	15,3	0,14	0,02	16,3	0,15	0,02
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	0,07	0,01	17,0	0,13	0,02	14,6	0,11	0,02
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,10	0,01
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,08	0,02	18,5	0,19	0,04	15,7	0,13	0,02
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	0,06	0,01	18,2	0,13	0,02	16,1	0,15	0,02
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	0,10	0,02	17,1	0,23	0,04	15,8	0,12	0,02
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	0,08	0,01	15,8	0,16	0,03	15,4	0,09	0,02
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,07	0,02	18,9	0,12	0,02	13,5	0,14	0,02
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,05	0,01	17,5	0,11	0,02	14,9	0,10	0,01

EU Verordnung 1881/2006 Höchstwert Gemüse **0,05 mg/kg FG**

EU Verordnung 1881/2006 Höchstwert Stängelgemüse **0,1 mg/kg FG**

Grünkohl - Hintergrundwert **0,1 mg/kg TS**

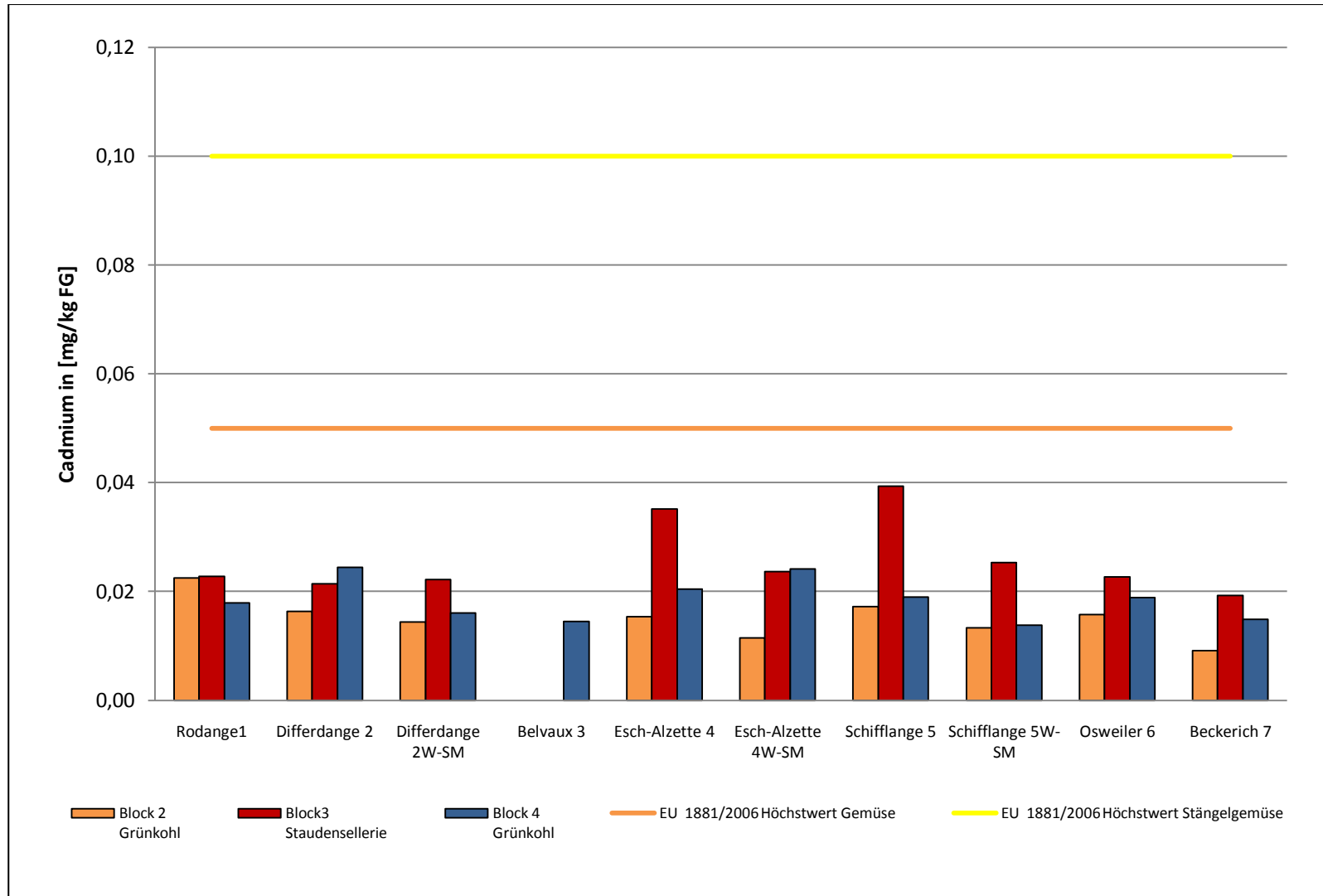


Abb. 4: Cadmium-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.4 Chrom

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,2	0,05	19,0	0,9	0,17	13,8	0,8	0,11
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	1,3	0,27	15,3	3,3	0,50	16,3	6,5	1,06
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	0,8	0,16	17,0	0,8	0,14	14,6	1,7	0,25
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	2,0	0,29
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,5	0,10	18,5	5,7	1,05	15,7	2,7	0,42
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	0,3	0,06	18,2	1,4	0,25	16,1	1,2	0,19
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	0,2	0,03	17,1	3,6	0,62	15,8	2,7	0,43
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	0,2	0,03	15,8	0,7	0,11	15,4	0,9	0,26
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,2	0,05	18,9	0,5	0,09	13,5	0,3	0,04
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,2	0,04	17,5	0,3	0,05	14,9	0,3	0,04

Grünkohl - Hintergrundwert

< 0,3 mg/kg TS

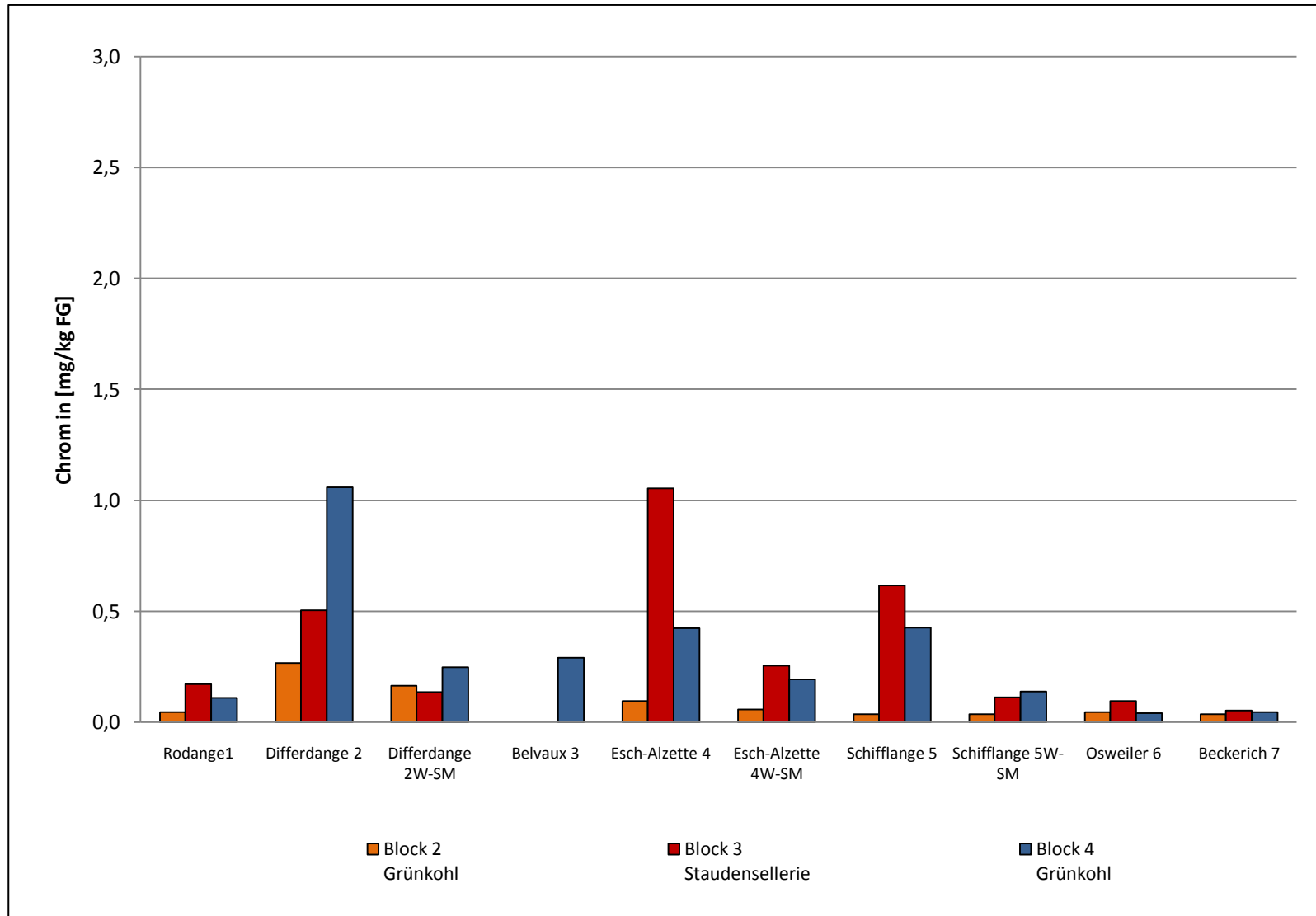


Abb. 5: Chrom-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.5 Quecksilber

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG ¹⁾ [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,01	0,001	19,0	0,01	0,001	13,8	0,01	0,001
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,01	0,001	15,3	0,01	0,001	16,3	0,01	0,001
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	0,01	0,001	17,0	0,01	0,001	14,6	0,01	0,001
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,01	0,001
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,01	0,001	18,5	0,01	0,001	15,7	0,01	0,001
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	0,01	0,001	18,2	0,01	0,001	16,1	0,01	0,001
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	0,01	0,001	17,1	0,01	0,001	15,8	0,01	0,001
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	0,01	0,001	15,8	0,01	0,001	15,4	0,01	0,001
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,01	0,001	18,9	0,01	0,001	13,5	0,01	0,001
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,01	0,001	17,5	0,01	0,001	14,9	0,01	0,001

¹⁾ Gehalte kleiner der Nachweisgrenze wurden in halber Höhe der Nachweisgrenze für die Berechnung des Gehaltes im Frischgewicht herangezogen

Großherzogliches Reglement vom 11. Dezember 1991

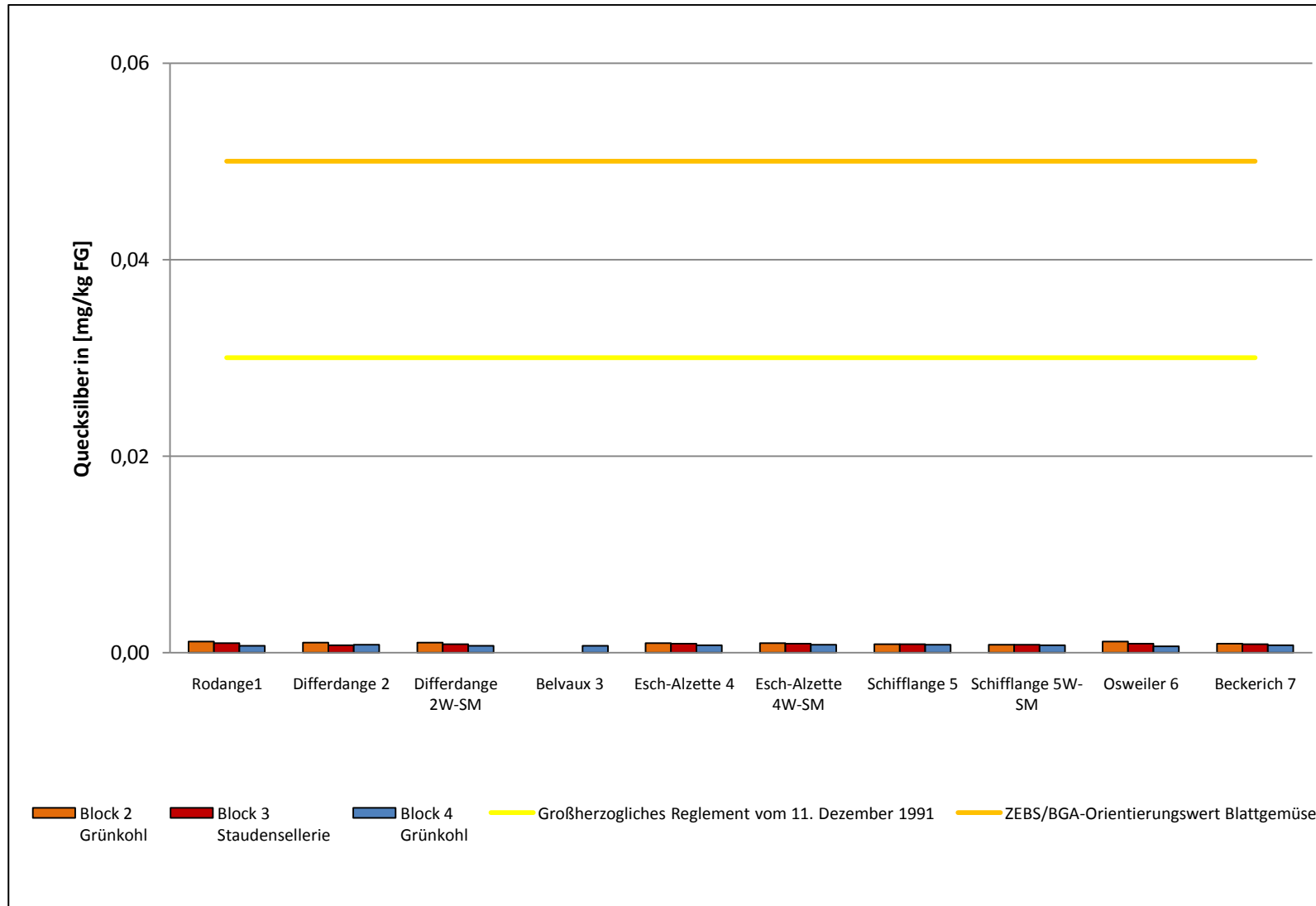
0,03 mg/kg FG

ZEBS / BGA – Orientierungswert Blattgemüse

0,05 mg/kg FG

Grünkohl - Hintergrundwert

< 0,05 mg/kg TS



Abb, 6: Quecksilber-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.6 Nickel

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	5,2	1,2	19,0	2,2	0,4	13,8	3,9	0,5
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	6,4	1,3	15,3	3,6	0,6	16,3	6,3	1,0
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	6,0	1,2	17,0	3,4	0,6	14,6	4,9	0,7
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	5,5	0,8
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	9,5	1,8	18,5	5,1	0,9	15,7	5,0	0,8
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	8,7	1,7	18,2	3,6	0,7	16,1	4,6	0,7
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	12,0	2,1	17,1	3,6	0,6	15,8	7,8	1,2
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	13,0	2,2	15,8	3,9	0,6	15,4	3,9	0,6
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	4,4	1,0	18,9	2,6	0,5	13,5	6,8	0,9
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	7,9	1,3	17,5	1,9	0,3	14,9	2,0	0,3

Grünkohl - Hintergrundwert

5 mg/kg TS

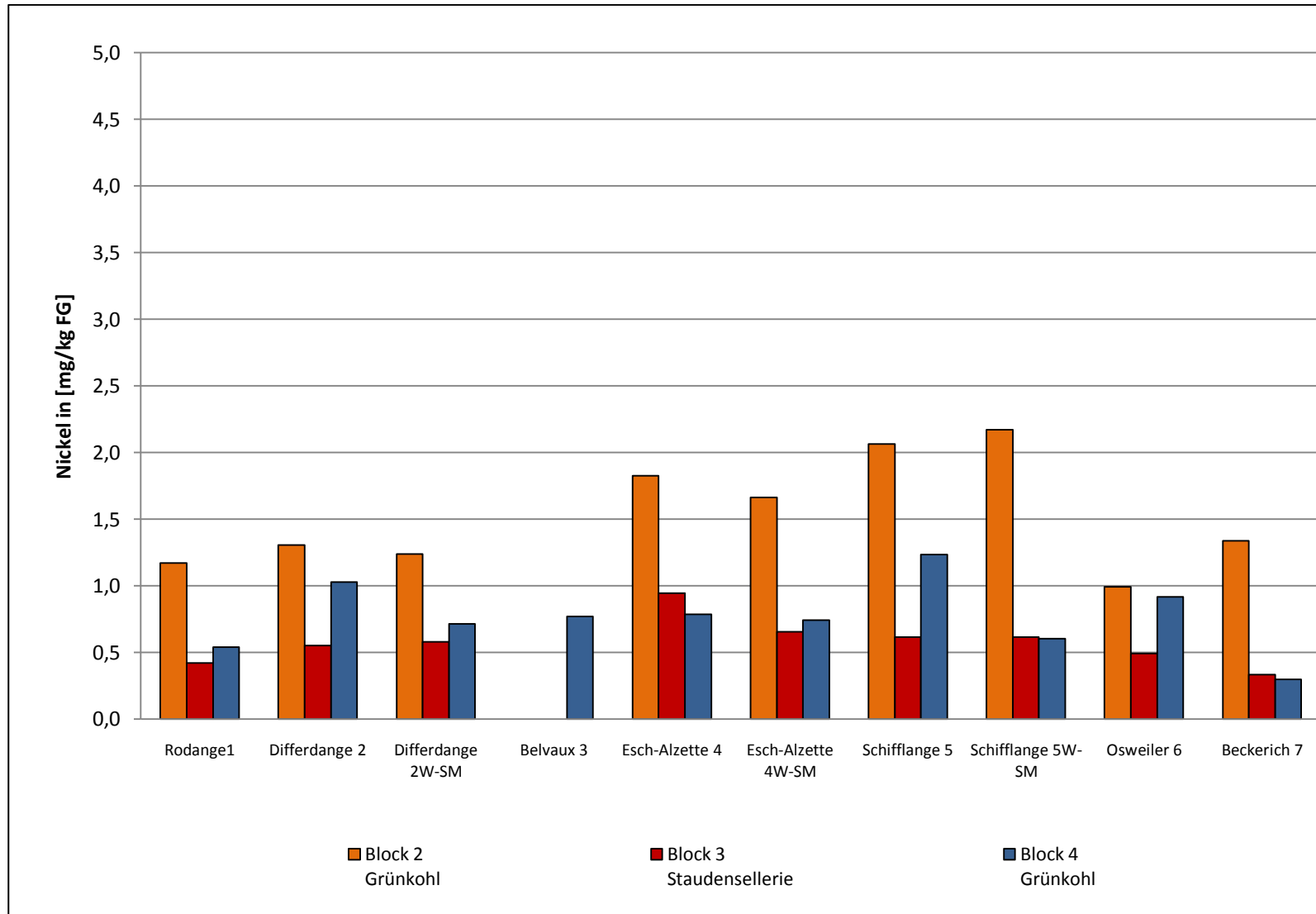


Abb. 7: Nickel-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.7 Molybdän

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	1,3	0,3	19,0	1,2	0,4	13,8	0,5	0,1
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	3,3	0,7	15,3	1,2	0,6	16,3	0,5	0,1
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	2,9	0,6	17,0	1,3	0,6	14,6	0,4	0,1
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,4	0,1
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	2,1	0,4	18,5	2,6	0,9	15,7	0,7	0,1
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	2,2	0,4	18,2	1,3	0,7	16,1	0,6	0,1
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	2,3	0,4	17,1	2,5	0,6	15,8	0,4	0,1
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	2,0	0,3	15,8	1,4	0,6	15,4	0,3	0,0
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	1,1	0,2	18,9	2,2	0,5	13,5	0,4	0,1
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	1,0	0,2	17,5	1,7	0,3	14,9	0,5	0,1

Grünkohl – Hintergrundwert

1 mg/kg TS

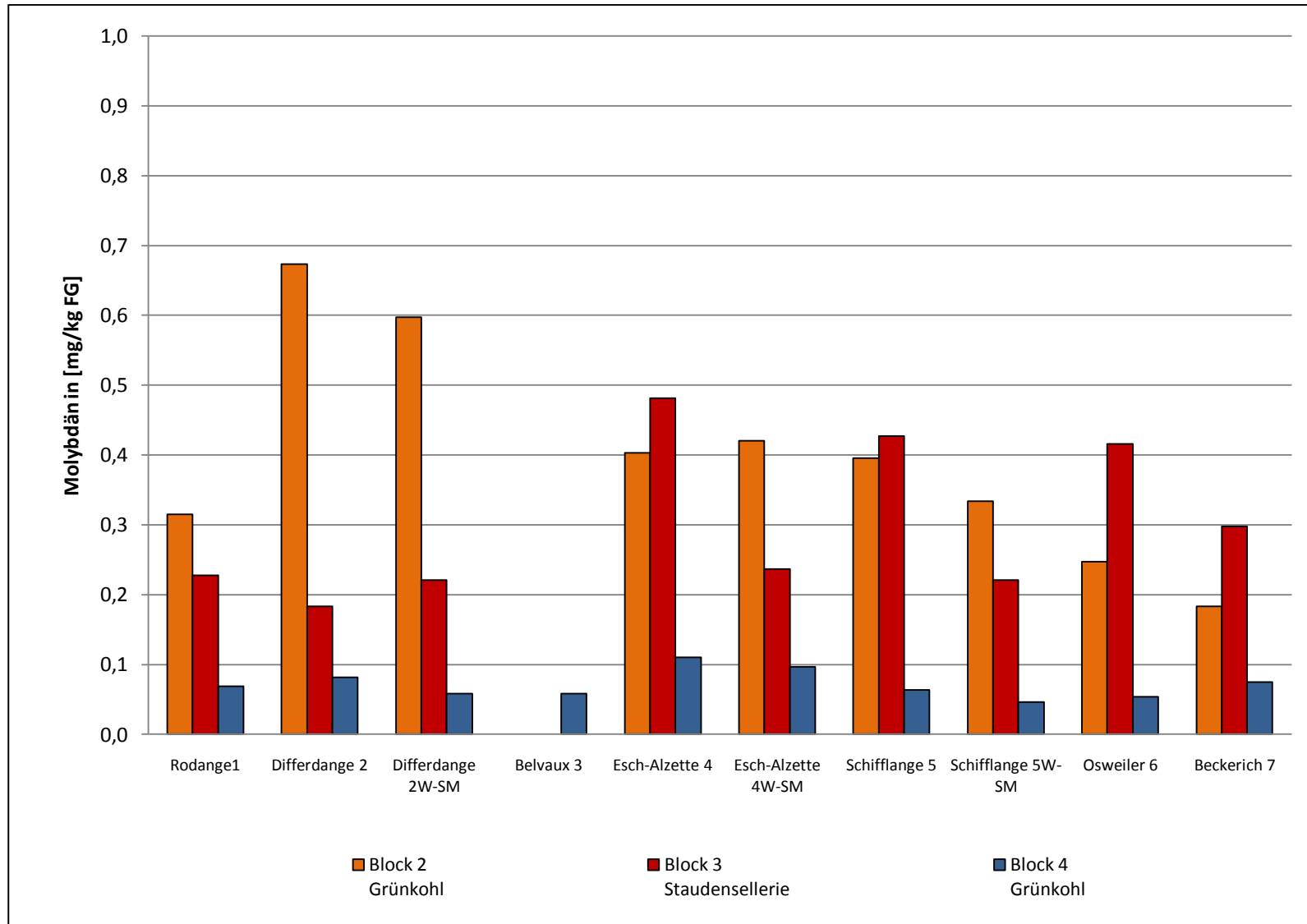


Abb. 8: Molybdän-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.8 Zink

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]	TS [%]	TS [mg/kg]	FG [mg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	37	8,3	19,0	60	11,4	13,8	42	5,8
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	34	6,9	15,3	76	11,6	16,3	68	11,1
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey	20,6	36	7,4	17,0	69	11,7	14,6	52	7,5
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	43	6,2
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	37	7,1	18,5	97	17,9	15,7	52	8,2
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,1	34	6,5	18,2	68	12,4	16,1	55	8,9
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	53	9,1	17,1	114	19,5	15,8	60	9,5
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn	16,7	57	9,5	15,8	75	11,9	15,4	43	6,6
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	28	6,3	18,9	42	7,9	13,5	50	6,7
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	35	6,4	17,5	70	12,3	14,9	38	5,6

Grünkohl – Hintergrundwert

40 mg/kg TS

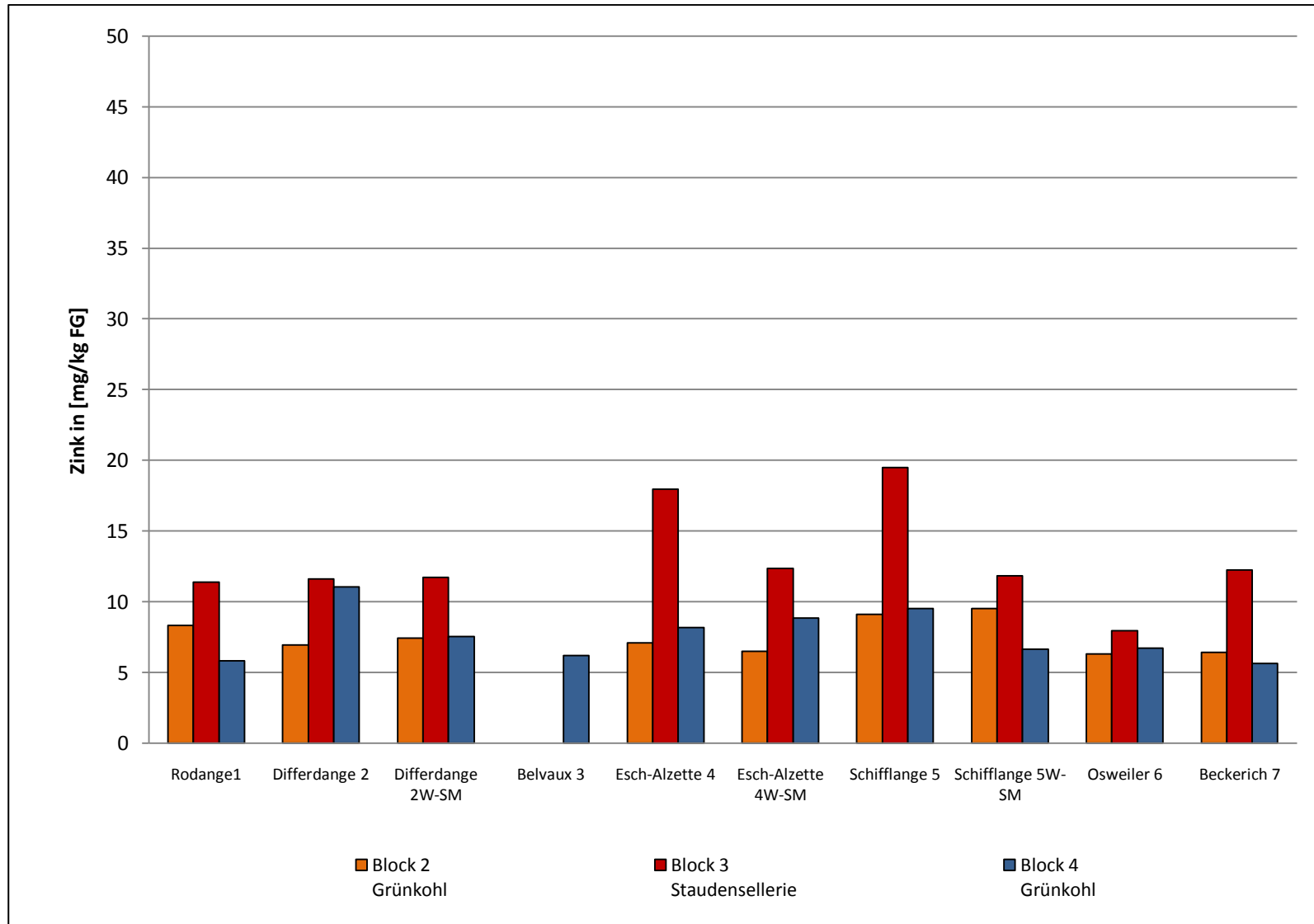


Abb. 9: Zink-Gehalte in Bioindikatorpflanzen

4.9 Benzo(a)pyren

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]	TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]	TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,7	0,2	19,0	2,9	0,6	13,8	2,8	0,4
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	1,0	0,2	15,3	6,7	1,0	16,3	6,2	1,0
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	3,5	0,5
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,9	0,2	18,5	5,3	1,0	15,7	3,6	0,6
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	1,2	0,2	17,1	6,9	1,2	15,8	5,7	0,9
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,5	0,1	18,9	5,6	1,1	13,5	4,5	0,6
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,8	0,1	17,5	5,0	0,9	14,9	2,6	0,4

Grünkohl – Kontrollpflanzen (gefilterte Luft)

2 µg/kg TS

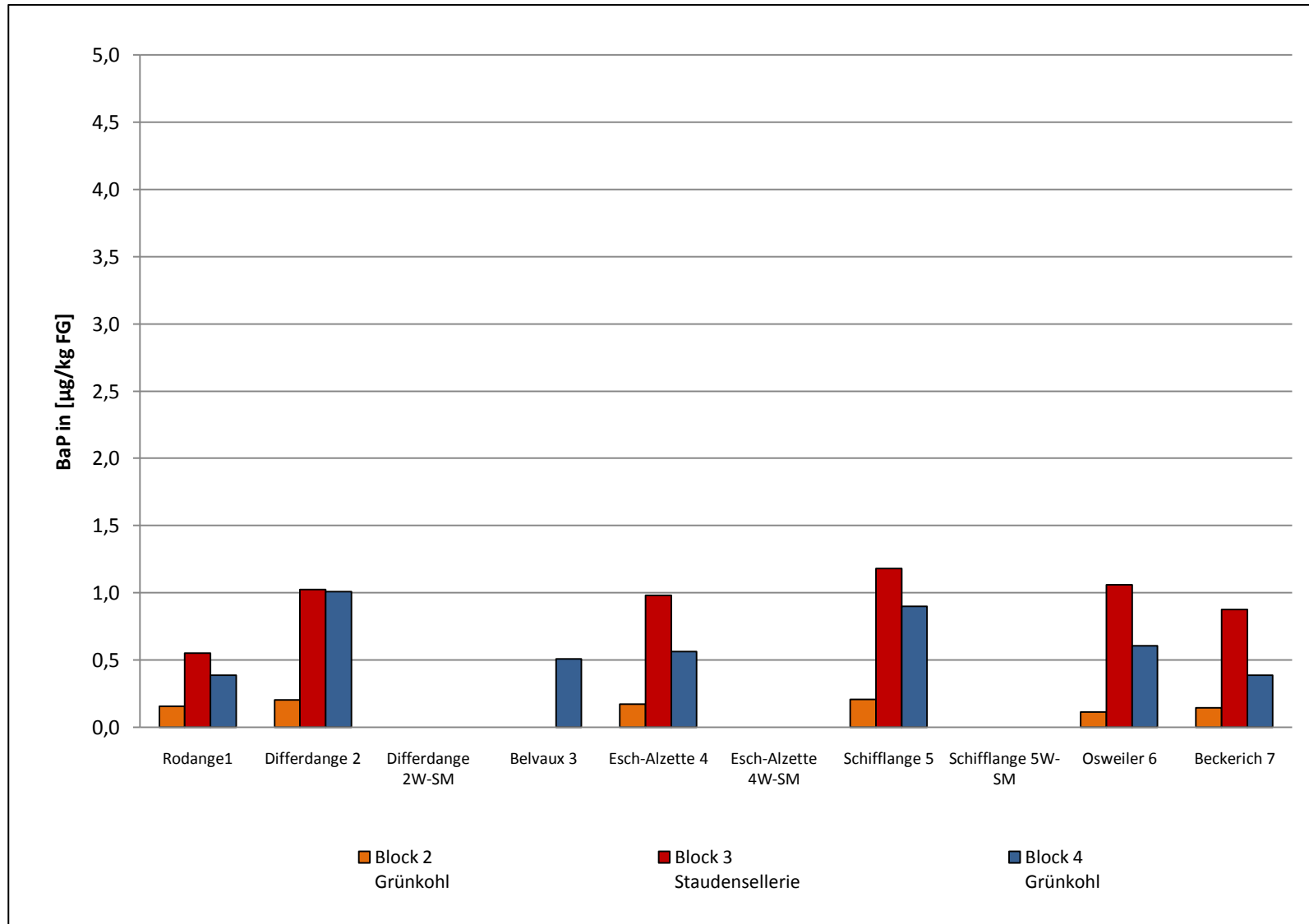


Abb. 10: Benzo(a)pyren-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen



4.10 PAH-Summe (EPA 610)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]	TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]	TS [%]	TS [µg/kg]	FG [µg/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	111	25	19,0	1198	228	13,8	452	62
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	140	29	15,3	2004	307	16,3	688	112
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	453	66
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	163	31	18,5	3020	559	15,7	626	98
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	235	40	17,1	6073	1038	15,8	680	107
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	89	20	18,9	970	183	13,5	654	88
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	97	18	17,5	769	135	14,9	429	64

Grünkohl – Kontrollpflanzen (gefilterte Luft)

170 µg/kg TS

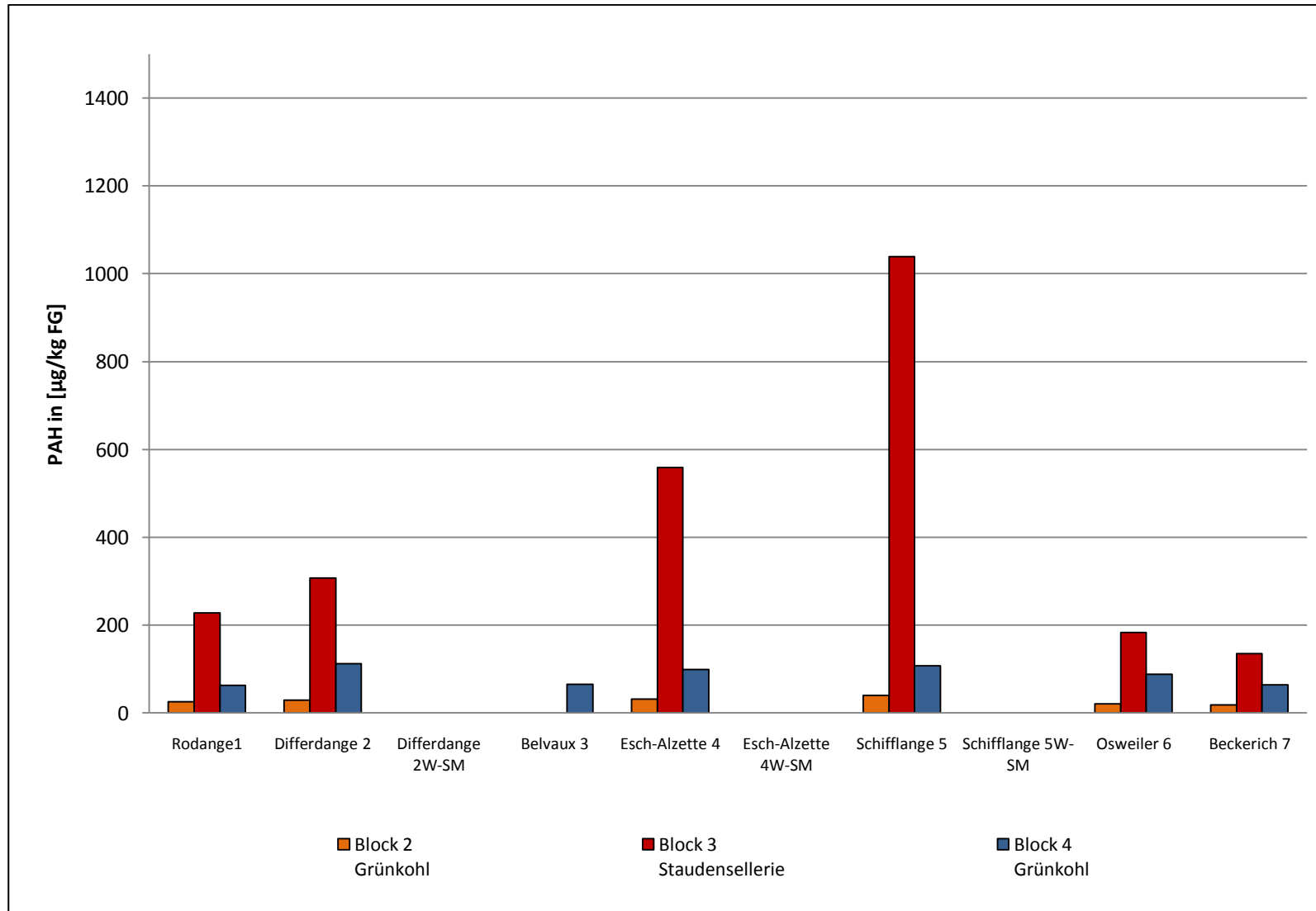


Abb. 11: PAH-Gehalte (nach EPA 610) in den Bioindikatorpflanzen

4.11 TE nach WHO 97 (PCDD/F)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,14	0,03	19,0	0,24	0,05	13,8	0,63	0,09
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,27	0,06	15,3	0,70	0,11	16,3	0,81	0,13
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,42	0,06
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,38	0,07	18,5	1,00	0,19	15,7	1,05	0,16
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	1,78	0,31	17,1	3,12	0,53	15,8	1,62	0,26
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,15	0,03	18,9	0,24	0,05	13,5	0,39	0,05
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,13	0,02	17,5	0,24	0,04	14,9	0,41	0,06

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

2006/88 EG Empfehlung für Auslösewerte Obst / Gemüse 0,4 ng/kg FG

2002/32/EG und 2000/19/EG Heimtiefutter Auslösewerte 1,75 ng/kg TS

2002/32/EG und 2000/19/EG Heimtiefutter Höchstgehalt 2,25 ng/kg TS

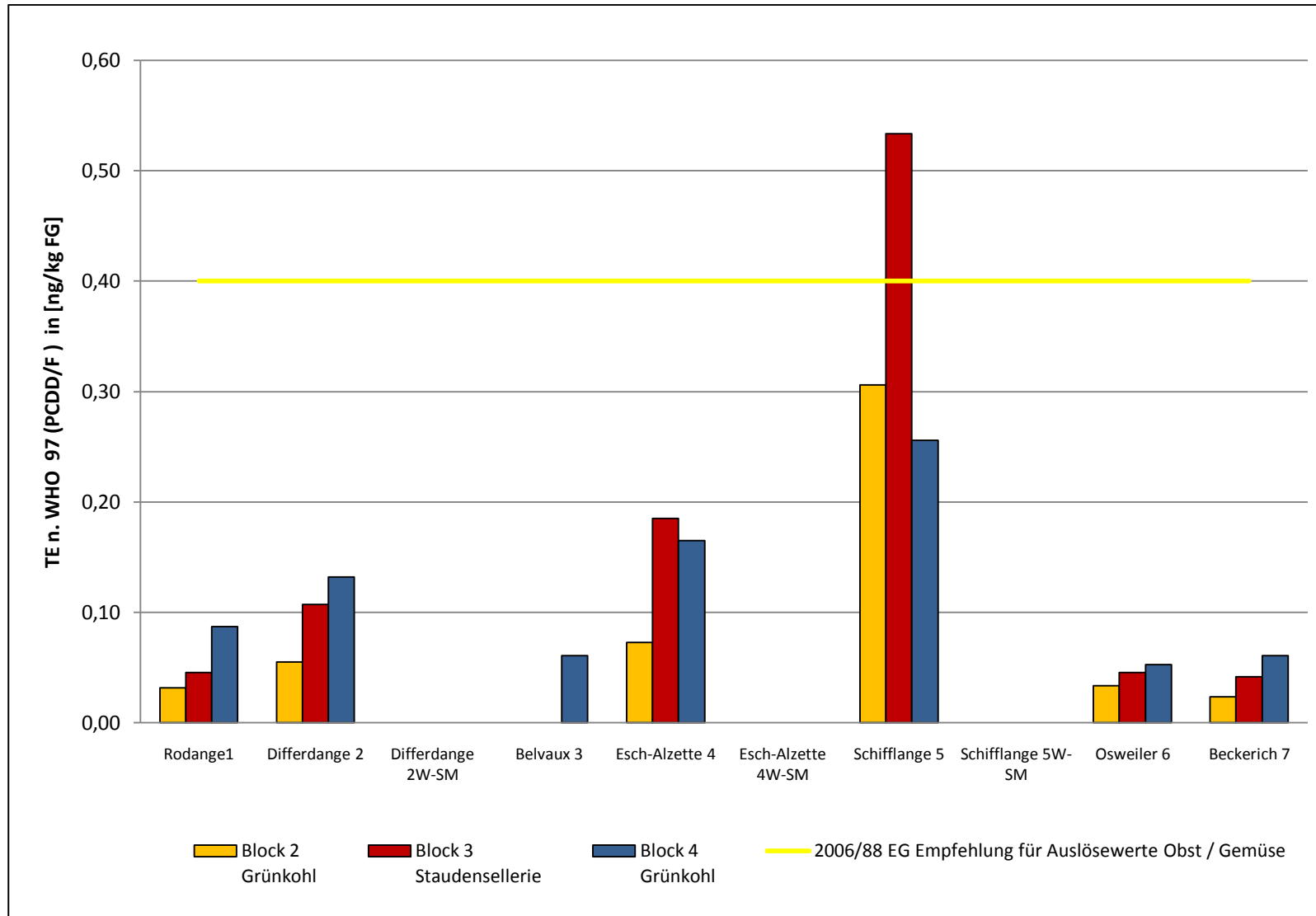


Abb. 12: TE nach WHO 97 (PCDD/F)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.12 TE nach WHO 97 (PCB)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,28	0,06	19,0	0,28	0,05	13,8	0,30	0,04
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,88	0,18	15,3	0,31	0,05	16,3	0,45	0,07
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,29	0,04
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,71	0,14	18,5	0,56	0,10	15,7	1,09	0,17
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	1,05	0,18	17,1	1,20	0,21	15,8	1,15	0,18
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,25	0,06	18,9	0,16	0,03	13,5	0,17	0,23
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,25	0,05	17,5	0,15	0,03	14,9	0,17	0,03

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

2006/88 EG Empfehlung für Auslösewerte Obst / Gemüse

0,2 ng/kg FG

2002/32/EG und 2006/13/EG Heimtiefutter Auslösewerte

3,5 ng/kg TS

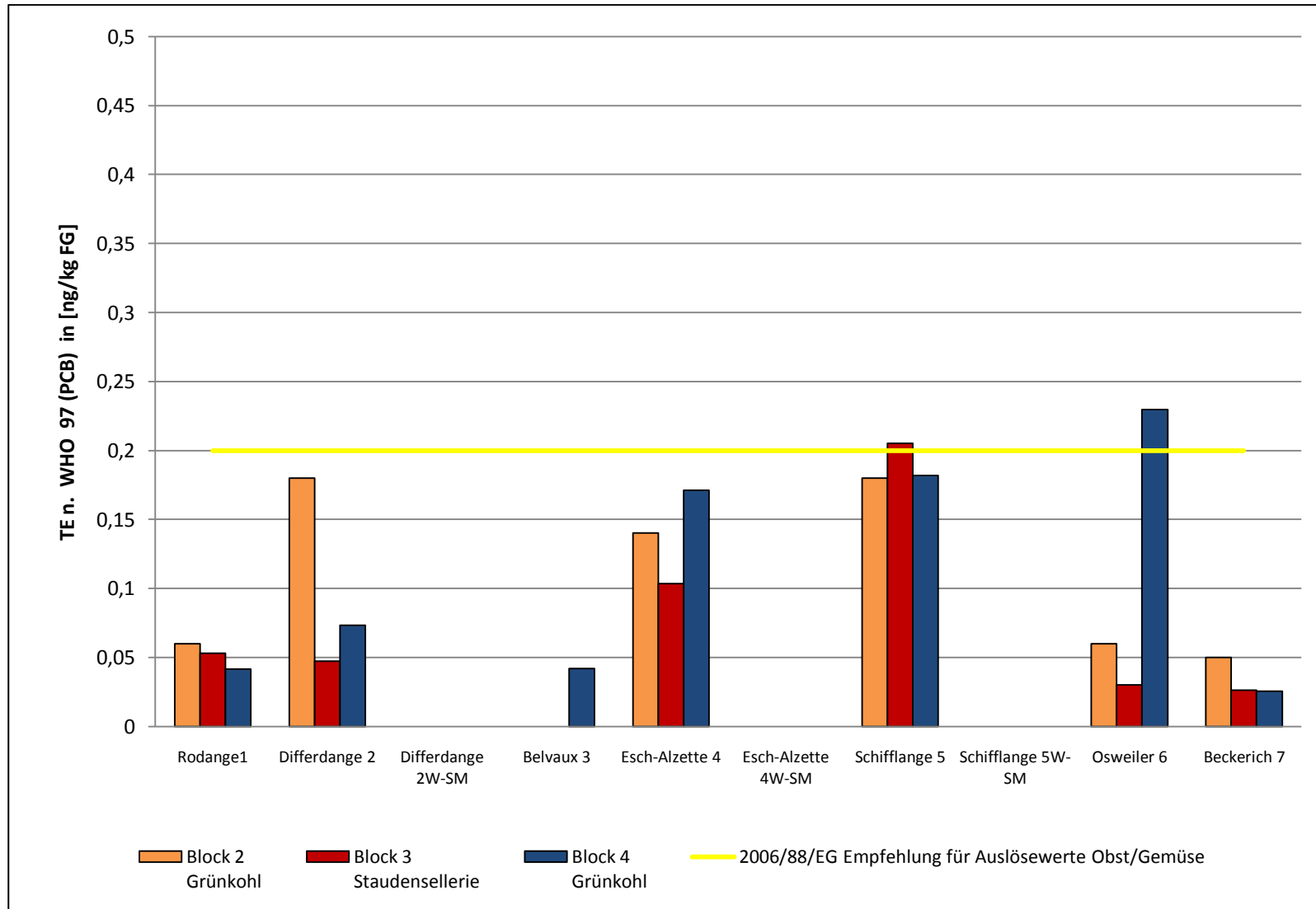


Abb. 13: TE nach WHO 97 (PCB)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

4.13 TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,41	0,09	19,0	0,52	0,10	13,8	0,93	0,13
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	1,14	0,23	15,3	1,04	0,15	16,3	1,27	0,21
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,71	0,10
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	1,09	0,21	18,5	1,56	0,29	15,7	2,14	0,34
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	2,83	0,49	17,1	4,32	0,74	15,8	2,77	0,44
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,40	0,09	18,9	0,39	0,07	13,5	0,56	0,08
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,38	0,07	17,5	0,39	0,07	14,9	0,58	0,09

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

Orientierungswert für intensivierete Überwachung (Umweltamt Luxembourg)	3 ng/kg TS
2002/32/EG und 2000/19/EG Heimtiefutter Höchstgehalt	7 ng/kg TS
Interventionswert in Anlehnung an LUA-NRW-Orientierungswert (Umweltamt Luxembourg)	10 ng/kg TS

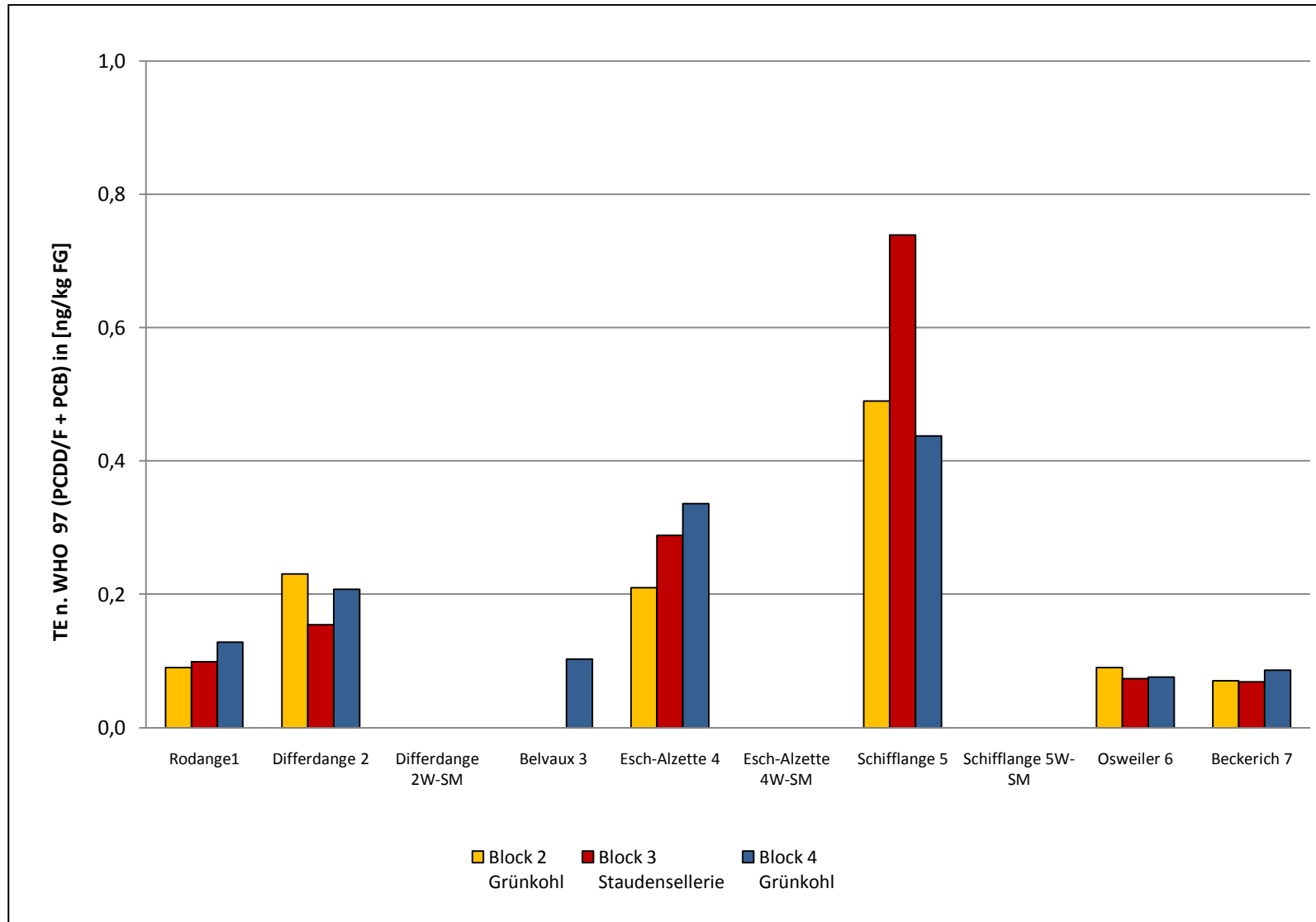


Abb. 14: TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

5. Abwaschbarkeit der Stoffe

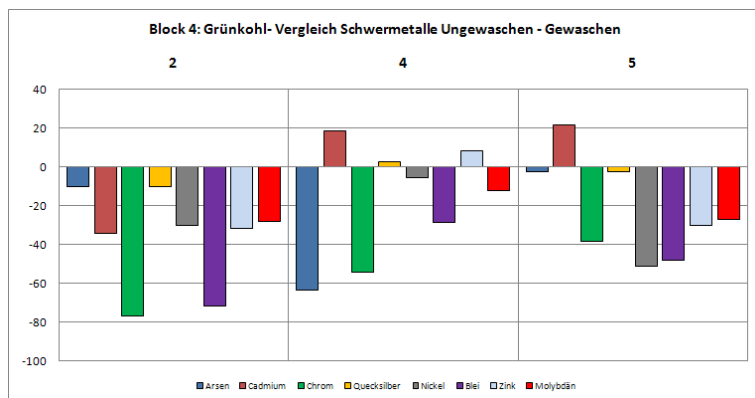
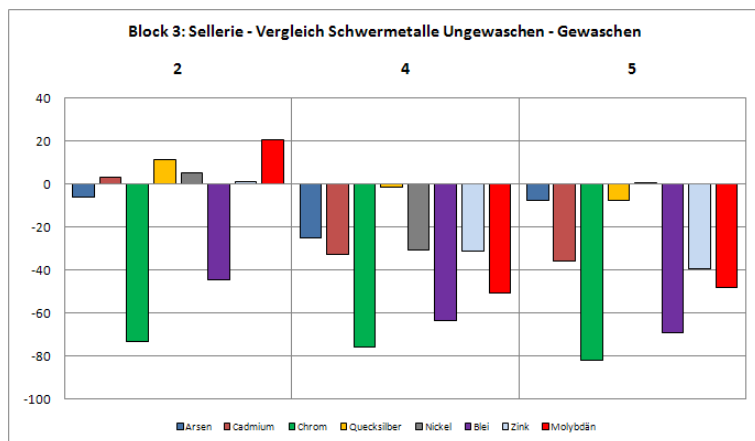
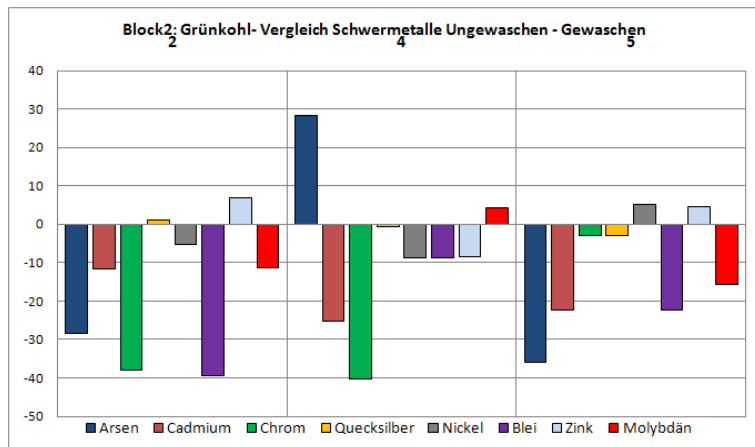


Abb. 15: Relative Änderung des Schwermetallgehaltes Vor und nach dem Waschen in Sellerie- und Grünkohlpflanzen

Die mit dem Waschen verbundenen relativen Veränderungen des Schwermetallgehaltes in Sellerie- und Grünkohlpflanzen werden in nebenstehender Abbildung wiedergegeben.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Proben ist eine deutliche Reduktion der Schwermetalle festzustellen.

Vereinzelt auftretende Zunahmen des Schwermetallgehaltes sind mit den geringen Gehalten und der damit verbundenen analytischen Unsicherheit im Spurenbereich zu werten.

Durch das Waschen kann der Schwermetallgehalt im Mittel auf etwa 50 % reduziert werden und ist somit mit dem Verhältnis vorausgegangener Auswertungen aus den Jahren 2006 – 2009 vergleichbar (vgl. TÜV-Berichte 836281/952875 vom 15.02.2007, 986230 vom 23.09.2009 und 1346339 vom 22.03.2010).

6. Belastungsunterschiede im Messnetz

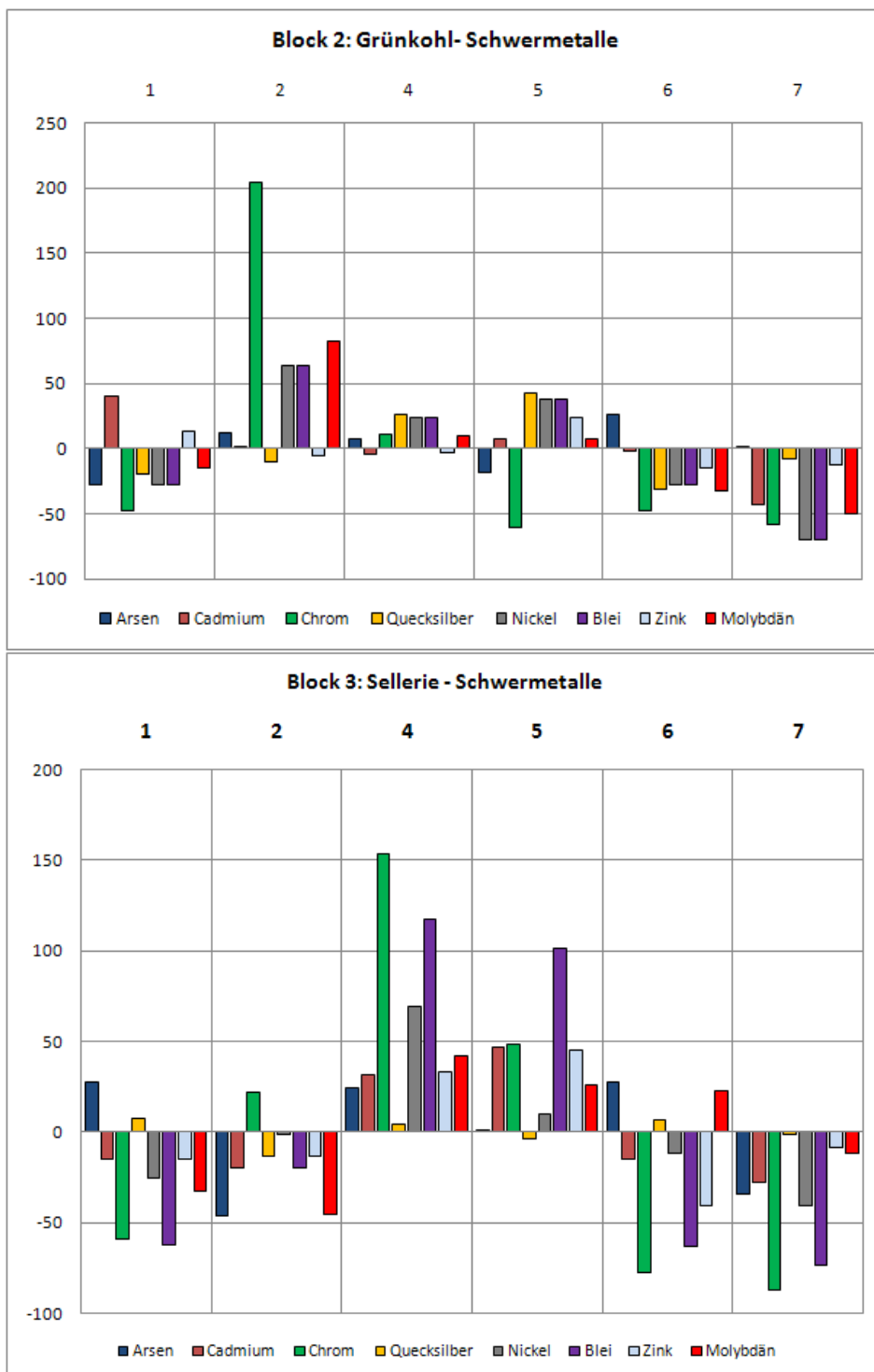


Abb. 16: Räumliche Verteilung anorganischer Schadstoffe im Messnetz

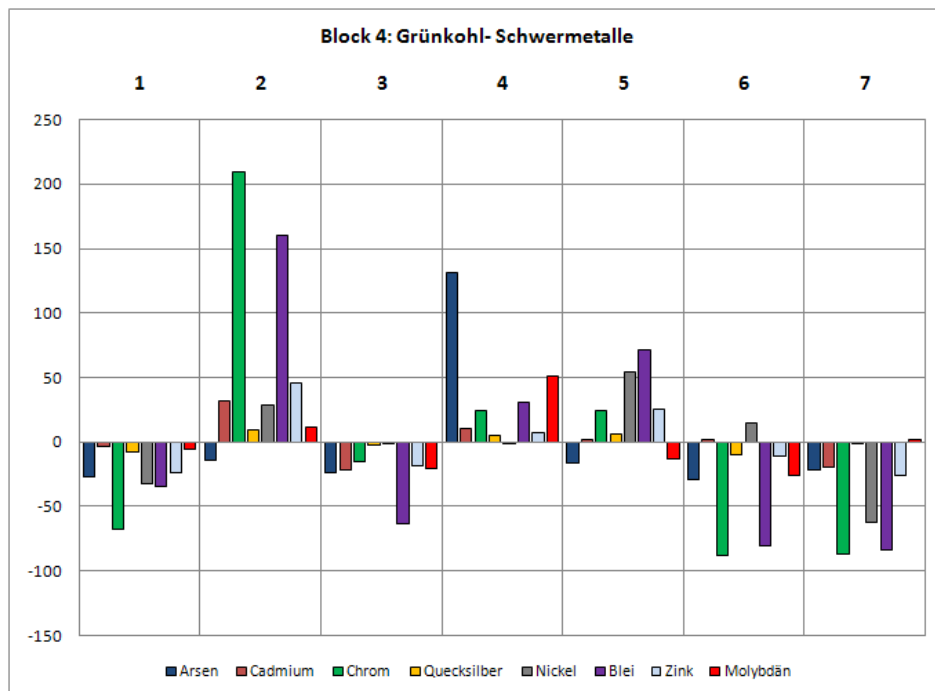


Abb. 16 (Fortsetzung): Räumliche Verteilung anorganischer Schadstoffe im Messnetz

In Abbildung 16 ist die prozentuale Abweichung der anorganischen Schadstoffgehalte an den einzelnen Messstationen vom Mittelwert aller Messstationen wiedergegeben. Die ländlich geprägten Messstationen in Beckerich (7) und Osweiler (6) sowie Rodange (1) weisen hierbei jeweils die geringsten Schadstoff-Anreicherungen auf. Die größten Schadstoff-Anreicherungen sind - wie schon in den Jahren 2006 bis 2009 - an den überwiegend industriell geprägten Standorten Esch/Alzette (4) und Schifflange (5) festzustellen. Die Messstation Differdange (2) weist in den Blöcken 2 und 4 deutliche Schadstoff-Anreicherungen auf, insbesondere bei den Parametern Chrom und Blei, die die relativ höchsten Werte erreichen.

Die prozentuale Abweichung der organischen Schadstoffgehalte der einzelnen Messstationen vom Mittelwert aller Messstationen ist in Abbildung 17 wiedergegeben. Der industriell geprägte Standort Schifflange (5) weist dabei die höchste Anreicherung an organischen Schadstoffen auf. Die Messstationen Esch/Alzette (4) und Differdange (2) weisen ebenfalls vergleichsweise höhere Schadstoff-Anreicherungen auf. Die geringsten Anreicherungen an organischen Schadstoffen sind an den ländlich geprägten Standorten in Beckerich (7), Osweiler (6) und Rodange (1) festzustellen.

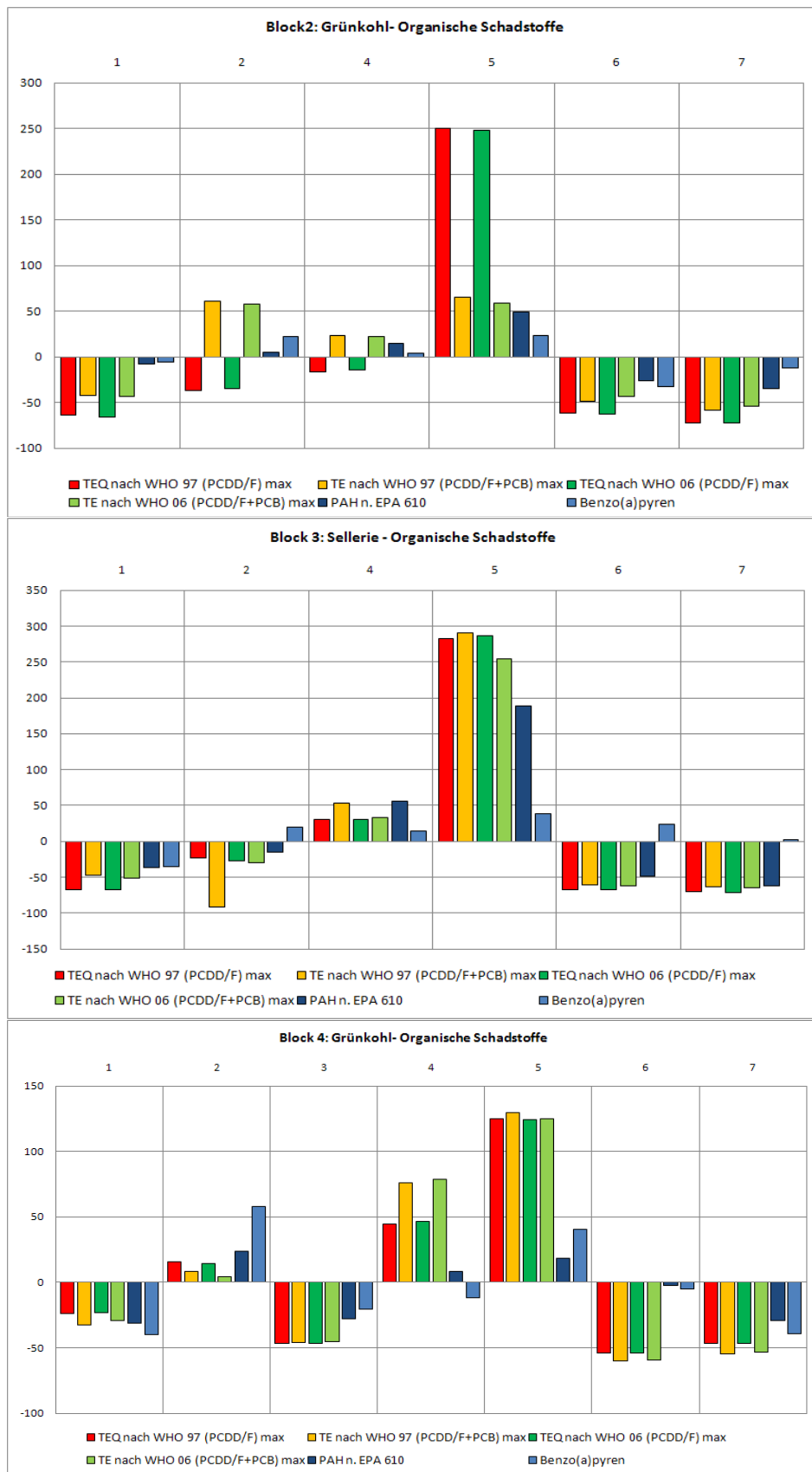


Abb. 17: Räumliche Verteilung organischer Schadstoffe im Messnetz

7. Anhang

Tabelle A1: PAH in exponierten Grünkohlpflanzen aus verschiedenen Gebieten Mitteleuropas
 (Konzentrationsangaben in µg/kg TS)

Untersuchungsraum (Zahl der Messpunkte/ Analysenwerte)	Untersuchungs- jahr	PAH-Summe Mittelwert (Bereich)	Benzo(a)pyren Mittelwert (Bereich)	Literatur
<u>Österreich:</u>	1995-2004			TÜV Süddeutschland unveröffentlicht
- ländliche Gebiete/ Stadttrand (25)		848 (403 - 1364)	3,2 (1,2 - 8,7)	
- städtische Gebiete/ Stadtzentrum (15)		1786 (1057 - 4269)	9,5 (2,6 - 28)	
<u>Süddeutschland:</u> (12 Untersuchungen):	1989-2004			TÜV Süddeutschland, unveröffentlicht
- ländliche Gebiete/ Stadttrand (45/72)		1036 (388 - 2356)	9 (3,2 - 22)	
- städtische Gebiete/ Stadtzentrum (18/30)		1828 (840 - 4632)	16 (4,4 - 37)	
- industrielle Ballungs- gebiete (7/15)		1776 (784 - 2972)	29 (7,6 - 93)	
<u>Einzeluntersuchungen:</u>				
Ruhrgebiet (17)	1989	2740 (1844 - 3904)	19 (7,6 - 55)	TÜV Süddeutschland, unveröffentlicht
Raum Frankfurt (12)	1978/79	2540 (1160 - 5052)	38 (18 - 84)	Steubing et al., 1983
München - Stachus (1)	1993	3500	46	Peichl et al., 1996
Autobahnprofil (3) 5, 30, 150 m	1985	3528 (2932 - 6808)	40 (20 - 70)	Nobel und Michen- felder, 1986
Sachsen-Anhalt (50) (UG 10/9/ 6)	1992-96	1435 (400 - 4076)	14 (4,8 - 35,2)	MUN, 1994
Chemnitz (20)	1994	2012 (1356 - 2680)	41 (23 - 66)	TÜV Süddeutschland, unveröffentlicht
Dresden (20)	1995	1080 (411 - 3152)	11 (4 - 39)	TÜV Süddeutschland, unveröffentlicht
Kontrollpflanzen *	1986-2004	170 (115 - 332)	2 (0,4 - 5,5)	TÜV Süddeutschland, unveröffentlicht

*) Mittelwert von bis zu 4 Parallelproben pro Untersuchungsjahr (Kontrollpflanzen vor der Exposition bzw. aus einer Open-Top-Kammer mit gefilterter, schadstofffreier Luft)

Tabelle A2: Dioxin/Furangehalte in exponierten Grünkohlpflanzen sowie in Nahrungspflanzen von Standorten unterschiedlicher Landnutzung bzw. im Einwirkungsbereich von Emittenten aus verschiedenen Gebieten Mitteleuropas (1989 bis 2004)

Angaben in ng ITE/kg Trockensubstanz (ITE nach NATO/CCMS)

Art der Landnutzung	Verfahren/ Vegetationstyp	Mittelwert	Bereich der Einzelwerte
Ländliche Gebiete/ Stadtrandgebiete	Grünkohlverfahren	1,1	0,4 - 2,2
	Nahrungspflanzen: ¹⁾		
	- Grünkohl	0,8	0,4 - 2,3
	- Salat	0,4	0,1 - 0,6
Städtische und/oder industrielle Ballungsgebiete	Grünkohlverfahren	1,9	0,6 - 5,9
	Nahrungspflanzen: ¹⁾		
	- Grünkohl	0,7	0,5 - 0,9
	- Salat	0,9	0,3 - 1,6
Gebiete im Einflussbereich von Emittenten	Grünkohlverfahren	4,4	0,3 - 11,0
	Nahrungspflanzen: ¹⁾		
	- Grünkohl	4,5	1,6 - 10,0
	- Salat	0,5	0,38/0,70
Kontrollkammer/ Open-Top-Kammer *)	Grünkohlverfahren	0,36	0,09 - 0,77

- 1) Proben küchenfertig (verzehrfertig) zubereitet und gewaschen
- 2) Proben aus Kontrollkammern mit gefilterter, schadstofffreier Luft

Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 2)

	Station	1	2	4	5	6	7
PCDD/F [ng/kg TS]	- 2,3,7,8-TetraCDD	n.n.	0,02	0,02	0,05	n.n.	n.n.
	- 1,2,3,7,8-PentaCDD	0,03	0,12	0,18	0,88	n.n.	n.n.
	- 1,2,3,4,7,8-HexaCDD	n.n.	0,04	0,05	0,17	0,04	n.n.
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0,08	0,07	0,07	0,42	0,06	0,05
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0,04	0,05	0,06	0,25	0,04	0,04
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0,3	0,4	0,6	1,1	0,2	0,1
	- OctaCDD	0,7	1,1	1,3	1,0	0,8	0,6
	- 2,3,7,8-TetraCDF	0,13	0,21	0,19	1,34	0,10	0,10
	- 1,2,3,7,8(+1,2,3,4,8)-PentaCDF	0,08	0,10	0,13	0,49	0,06	0,05
	- 2,3,4,7,8-PentaCDF	0,07	0,09	0,14	0,98	0,08	0,07
	- 1,2,3,4,7,8(+1,2,3,4,7,9)-HexaCDF	0,03	0,15	0,17	0,31	0,09	0,05
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0,04	0,16	0,18	0,37	0,10	0,06
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDF	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	- 2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0,04	0,13	0,16	0,32	0,09	0,06
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0,08	0,13	0,18	0,33	0,13	0,06
	- 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	n.n.	n.n.	n.n.	0,06	n.n.	n.n.
	- OctaCDF	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	n.n.
	I-TEQ (TE nach NATO/CCMS)	0,09	0,21	0,28	1,34	0,10	0,08
	I-TEQ max**	0,12	0,21	0,29	1,34	0,14	0,12
	TE nach WHO 97 (PCDD/F)	0,11	0,27	0,37	1,78	0,10	0,08
TE nach WHO 97 (PCDD/F) max**	0,14	0,27	0,38	1,78	0,15	0,13	
TE nach WHO 06 (PCDD/F)	0,09	0,25	0,34	1,57	0,08	0,06	
TE nach WHO 06 (PCDD/F) max**	0,12	0,25	0,35	1,58	0,13	0,12	
PCB [ng/kg TS]	PCB 81	1	4	5	6	2	2
	PCB 77	10	23	39	54	13	14
	PCB 126	2	8	6	9	2	2
	PCB 169	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	PCB 123	11	21	15	20	6	5
	PCB 118	270	419	363	463	131	128
	PCB 114	6	11	8	10	3	3
	PCB 105	92	183	170	217	36	33
	PCB 167	16	19	20	53	14	12
	PCB 156	23	40	42	84	21	19
	PCB 157	4	8	9	17	3	3
	PCB 189	5	14	9	13	n.n.	n.n.
	TE nach WHO 97 (PCB)	0,26	0,85	0,69	1,03	0,23	0,23
	TE nach WHO 97 (PCB) max**	0,28	0,87	0,71	1,05	0,25	0,25
	TE nach WHO 06 (PCB)	0,21	0,77	0,62	0,93	0,21	0,21
TE nach WHO 06 (PCB) max**	0,27	0,83	0,68	0,99	0,27	0,27	
PCDD/F + PCB [ng/kg TS]	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB)	0,36	1,11	1,06	2,81	0,33	0,31
	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB) max**	0,41	1,14	1,09	2,83	0,40	0,38
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB)	0,31	1,02	0,97	2,51	0,29	0,27
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB) max**	0,40	1,09	1,03	2,57	0,40	0,39
PAH [µg/kg TS]	Naphthalin	24,9	24,7	25,8	25,6	11,6	19,0
	Acenaphthylen	1,2	1,6	1,6	1,5	0,9	1,4
	Acenaphten	0,7	0,7	0,7	0,6	0,3	0,8
	Fluoren	3,1	3,7	4,0	3,8	1,5	2,0
	Phenanthren	43,8	50,3	61,1	68,3	30,4	32,4
	Anthracen	3,0	3,2	3,3	3,4	2,3	2,7
	Fluoranthren	15,1	22,6	32,9	67,8	19,4	11,6
	Pyren	9,1	13,7	15,8	30,3	8,7	8,0
	Benz(a)anthracen	1,2	2,3	2,0	3,3	1,3	1,2
	Chrysen	2,1	4,0	3,4	5,5	2,0	2,6
	Benzo(b)fluoranthren	3,5	8,6	7,2	19,9	7,6	10,7
	Benzo(k)fluoranthren	0,6	1,3	1,0	1,3	0,7	0,8
	Benzo(a)pyren	0,7	1,0	0,9	1,2	0,5	0,8
	Dibenz(a,h)anthracen	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,6	1,3	1,4	1,2	0,9	1,3
	Benzo(g,h,i)perylene	0,7	1,1	1,0	0,9	0,9	1,3
	Summe PAH nach EPA 610	111	140	163	235	89,2	96,9
	Summe PAH (ohne Naphthalin)	85,7	115	137	209	77,6	77,9

Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 3)

	Station	1	2	4	5	6	7
PCDD/F [ng/kg TS]	- 2,3,7,8-TetraCDD	0,02	0,04	0,05	0,16	0,02	0,02
	- 1,2,3,7,8-PentaCDD	0,07	0,17	0,35	1,56	0,07	0,06
	- 1,2,3,4,7,8-HexaCDD	n.n.	0,08	0,11	0,30	0,04	0,04
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0,07	0,19	0,27	0,78	0,11	0,08
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0,07	0,19	0,17	0,39	0,05	0,05
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0,7	1,3	1,2	1,8	0,8	0,7
	- OctaCDD	2,6	4,3	4,4	3,5	2,3	3,1
	- 2,3,7,8-TetraCDF	0,36	1,03	1,47	4,23	0,26	0,31
	- 1,2,3,7,8(+1,2,3,4,8)-PentaCDF	0,11	0,42	0,50	1,15	0,10	0,12
	- 2,3,4,7,8-PentaCDF	0,10	0,46	0,52	1,21	0,10	0,12
	- 1,2,3,4,7,8(+1,2,3,4,7,9)-HexaCDF	0,10	0,20	0,26	0,41	0,11	0,11
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0,10	0,28	0,38	0,57	0,12	0,11
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDF	n.n.	0,03	0,03	0,05	n.n.	n.n.
	- 2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0,09	0,20	0,22	0,37	0,08	0,07
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0,21	0,53	0,47	0,61	0,30	0,27
	- 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	n.n.	0,05	0,00	0,09	0,05	0,05
	- OctaCDF	0,1	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2
	I-TEQ (TE nach NATO/CCMS)	0,20	0,62	0,82	2,34	0,20	0,21
I-TEQ max**	0,21	0,62	0,83	2,34	0,20	0,21	
TE nach WHO 97 (PCDD/F)	0,23	0,70	0,99	3,12	0,23	0,23	
TE nach WHO 97 (PCDD/F) max**	0,24	0,70	1,00	3,12	0,24	0,24	
TE nach WHO 06 (PCDD/F)	0,21	0,60	0,88	2,85	0,21	0,21	
TE nach WHO 06 (PCDD/F) max**	0,22	0,60	0,89	2,85	0,22	0,21	
PCB [ng/kg TS]	PCB 81	2	4	5	10	1	1
	PCB 77	24	34	60	96	11	8
	PCB 126	2	2	4	10	1	1
	PCB 169	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	PCB 123	10	13	22	31	4	3
	PCB 118	227	310	511	744	127	105
	PCB 114	4	4	6	12	1	1
	PCB 105	67	98	218	292	38	35
	PCB 167	16	25	35	35	10	10
	PCB 156	42	68	106	96	33	27
	PCB 157	5	6	11	11	2	2
	PCB 189	4	8	9	10	4	4
	TE nach WHO 97 (PCB)	0,26	0,29	0,54	1,18	0,14	0,13
	TE nach WHO 97 (PCB) max**	0,28	0,31	0,56	1,20	0,16	0,15
TE nach WHO 06 (PCB)	0,21	0,22	0,44	1,05	0,11	0,11	
TE nach WHO 06 (PCB) max**	0,27	0,28	0,50	1,11	0,17	0,17	
PCDD/F + PCB [ng/kg TS]	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB)	0,49	0,99	1,54	4,30	0,37	0,36
	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB) max**	0,52	1,01	1,56	4,32	0,39	0,39
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB)	0,43	0,82	1,32	3,90	0,32	0,31
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB) max**	0,49	0,88	1,38	3,96	0,38	0,38
PAH [µg/kg TS]	Naphthalin	213	254	366	249	101	117
	Acenaphthylen	76,5	85,9	138	152	25,3	42,2
	Acenaphten	97,7	207	277	801	61,4	41,1
	Fluoren	178	286	405	1118	157	100
	Phenanthren	319	635	871	2157	276	237
	Anthracen	6,7	9,2	12,7	15,9	4,3	4,3
	Fluoranthren	158	232	478	895	179	91,6
	Pyren	100	183	344	543	94,7	73,1
	Benz(a)anthracen	9,1	20,8	27,3	29,6	10,8	10,5
	Chrysen	17,6	38,8	45,7	53,7	19,2	15,7
	Benzo(b)fluoranthren	9,6	25,6	28,5	29,7	18,4	16,3
	Benzo(k)fluoranthren	2,7	5,8	5,9	6,6	4,5	3,9
	Benzo(a)pyren	2,9	6,7	5,3	6,9	5,6	5,0
	Dibenz(a,h)anthracen	0,4	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,0	7,0	7,0	7,0	6,2	4,9
	Benzo(g,h,i)perylene	3,3	5,9	7,3	7,5	7,6	5,2
	Summe PAH nach EPA 610	1198	2004	3020	6073	970	769
	Summe PAH (ohne Naphthalin)	985	1750	2654	5824	869	652

Tabelle A3: PCDD/F-, PCB- und PAH-Gehalte in Sellerie 2010 (Block 4)

	Station	1	2	3	4	5	6	7
PCDD/F [ng/kg TS]	- 2,3,7,8-TetraCDD	0,05	0,06	0,05	0,13	0,11	0,04	0,04
	- 1,2,3,7,8-PentaCDD	0,19	0,22	0,13	0,44	0,63	0,08	0,12
	- 1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0,14	0,11	0,07	0,14	0,21	0,05	0,06
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0,28	0,28	0,17	0,36	0,41	0,16	0,19
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0,20	0,17	0,10	0,22	0,31	0,13	0,09
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	2,1	2,6	1,2	1,7	2,8	2,1	1,2
	- OctaCDD	7,7	8,4	7,2	12,6	13,2	3,2	5,0
	- 2,3,7,8-TetraCDF	0,77	1,18	0,47	0,94	2,19	0,46	0,40
	- 1,2,3,7,8(+1,2,3,4,8)-PentaCDF	0,32	0,39	0,18	0,35	0,60	0,22	0,23
	- 2,3,4,7,8-PentaCDF	0,26	0,42	0,17	0,38	0,75	0,19	0,19
	- 1,2,3,4,7,8(+1,2,3,4,7,9)-HexaCDF	0,25	0,38	0,16	0,29	0,46	0,24	0,19
	- 1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0,26	0,32	0,14	0,29	0,41	0,18	0,18
	- 1,2,3,7,8,9-HexaCDF	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,03	n.n.	n.n.
	- 2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0,21	0,23	0,12	0,20	0,31	0,15	0,15
	- 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0,46	0,67	0,28	0,48	0,81	0,39	0,38
	- 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0,07	0,07	0,03	0,05	0,08	0,07	0,04
	- OctaCDF	0,2	0,5	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2
	I-TEQ (TE nach NATO/CCMS)	0,54	0,71	0,35	0,84	1,31	0,35	0,35
	I-TEQ max**	0,54	0,71	0,36	0,84	1,31	0,36	0,36
	TE nach WHO 97 (PCDD/F)	0,62	0,81	0,41	1,05	1,62	0,39	0,41
TE nach WHO 97 (PCDD/F) max**	0,63	0,81	0,42	1,05	1,62	0,39	0,41	
TE nach WHO 06 (PCDD/F)	0,57	0,72	0,38	0,96	1,46	0,35	0,37	
TE nach WHO 06 (PCDD/F) max**	0,57	0,72	0,38	0,97	1,46	0,35	0,37	
PCB [ng/kg TS]	PCB 81	1	1	1	2	2	n.n.	n.n.
	PCB 77	26	18	11	23	53	7	7
	PCB 126	2	3	2	9	9	1	1
	PCB 169	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	PCB 123	11	23	11	31	58	12	11
	PCB 118	278	449	236	584	749	163	162
	PCB 114	6	12	5	13	30	5	6
	PCB 105	139	192	94	327	449	50	56
	PCB 167	27	44	23	52	69	19	9
	PCB 156	62	104	60	116	150	44	41
	PCB 157	8	13	7	19	18	5	5
	PCB 189	7	10	7	12	11	7	6
	TE nach WHO 97 (PCB)	0,28	0,43	0,27	1,07	1,13	0,15	0,15
	TE nach WHO 97 (PCB) max**	0,30	0,45	0,29	1,09	1,15	0,17	0,17
TE nach WHO 06 (PCB)	0,22	0,33	0,21	0,94	0,95	0,11	0,11	
TE nach WHO 06 (PCB) max**	0,28	0,39	0,27	1,00	1,01	0,17	0,17	
PCDD/F + PCB [ng/kg TS]	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB)	0,91	1,25	0,69	2,12	2,75	0,54	0,56
	TE nach WHO 97 (PCDD/F + PCB) max**	0,93	1,27	0,71	2,14	2,77	0,56	0,58
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB)	0,79	1,05	0,59	1,90	2,41	0,46	0,48
	TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB) max**	0,85	1,11	0,65	1,97	2,47	0,52	0,54
PAH [µg/kg TS]	Naphthalin	21,4	22,0	18,3	23,4	28,1	36,8	27,5
	Acenaphthylen	2,6	3,0	2,9	3,1	3,2	3,4	2,2
	Acenaphten	1,2	1,4	1,7	1,3	1,9	2,0	1,0
	Fluoren	8,3	8,0	8,9	6,7	8,7	12,8	5,6
	Phenanthren	130	157	138	157	170	232	102
	Anthracen	6,5	7,6	7,1	7,1	8,5	10,2	4,3
	Fluoranthren	136	240	128	215	217	179	140
	Pyren	83,4	133	84	133	129	103	81,9
	Benz(a)anthracen	8,9	16,9	11,2	12,0	14,7	7,7	8,8
	Chrysen	23,0	45,9	24,5	29,9	42,2	26,5	25,6
	Benzo(b)fluoranthren	13,1	24,7	13,4	18,4	26,1	14,9	13,6
	Benzo(k)fluoranthren	3,5	6,5	3,5	4,5	8,6	4,6	3,2
	Benzo(a)pyren	2,8	6,2	3,5	3,6	5,7	4,5	2,6
	Dibenz(a,h)anthracen	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,4	8,6	4,6	6,0	8,1	9,0	5,9
	Benzo(g,h,i)perylene	4,9	6,7	3,1	4,0	7,2	7,4	3,9
	Summe PAH nach EPA 610	452	688	453	626	680	654	429
	Summe PAH (ohne Naphthalin)	431	666	435	602	651	618	401



7.1 Dioxine und Furane TE nach WHO 06

TE nach WHO 06 (PCDD/F)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,12	0,03	19,0	0,22	0,04	13,8	0,57	0,08
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,25	0,05	15,3	0,60	0,09	16,3	0,72	0,12
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,38	0,06
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,35	0,07	18,5	0,89	0,17	15,7	0,96	0,15
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	1,58	0,27	17,1	2,85	0,49	15,8	1,46	0,23
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,13	0,03	18,9	0,22	0,04	13,5	0,35	0,05
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,12	0,02	17,5	0,21	0,04	14,9	0,37	0,06

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

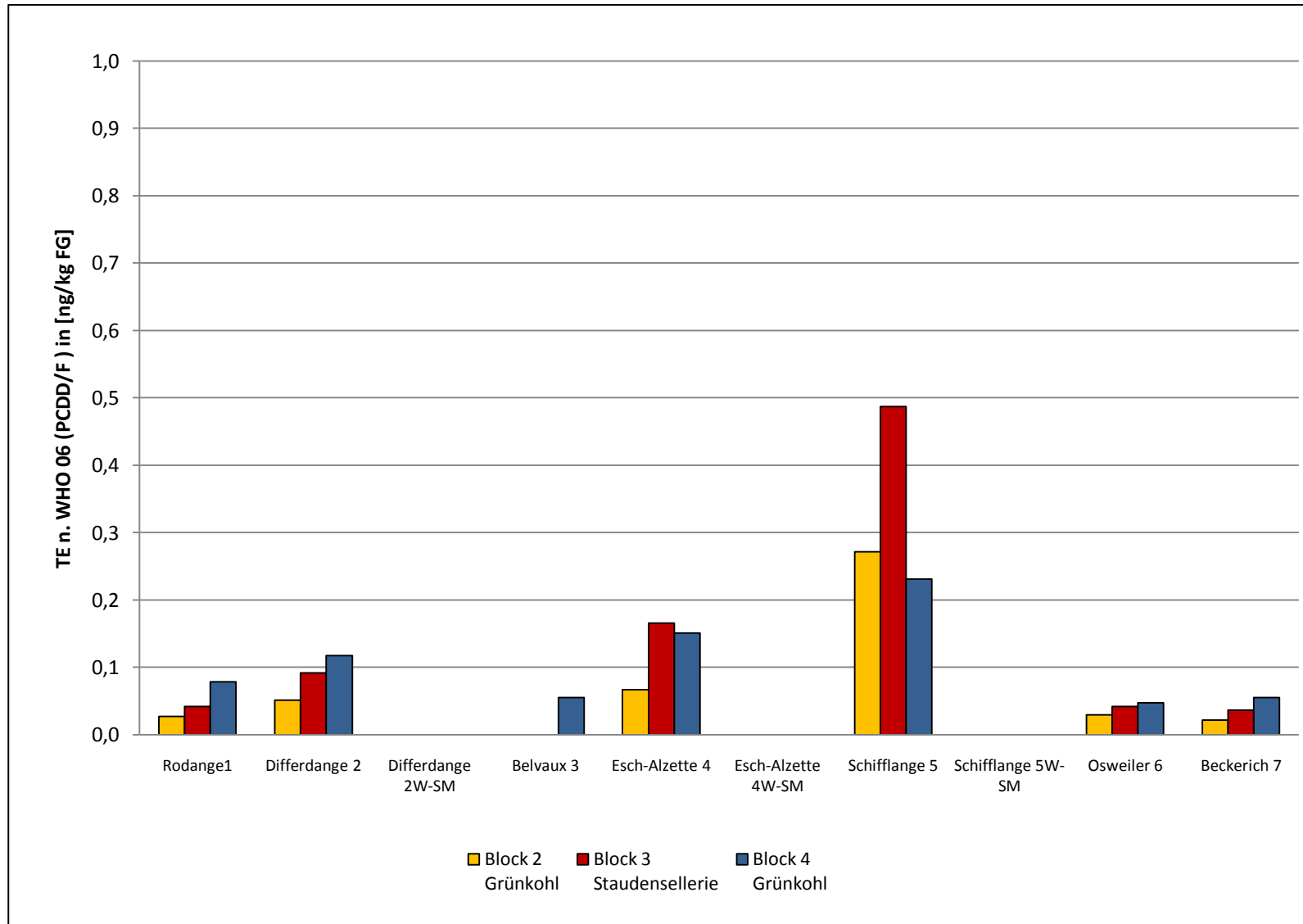


Abb. 18: TE nach WHO 06 (PCDD/F)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen



TE nach WHO 06 (PCB)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG ¹⁾ [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ¹⁾ [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ¹⁾ [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,27	0,06	19,0	0,27	0,05	13,8	0,28	0,04
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	0,83	0,17	15,3	0,28	0,04	16,3	0,39	0,06
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,27	0,04
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	0,68	0,13	18,5	0,50	0,09	15,7	1,00	0,16
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	0,99	0,17	17,1	1,11	0,19	15,8	1,01	0,16
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,27	0,06	18,9	0,17	0,03	13,5	0,17	0,02
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,27	0,05	17,5	0,17	0,03	14,9	0,17	0,03

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

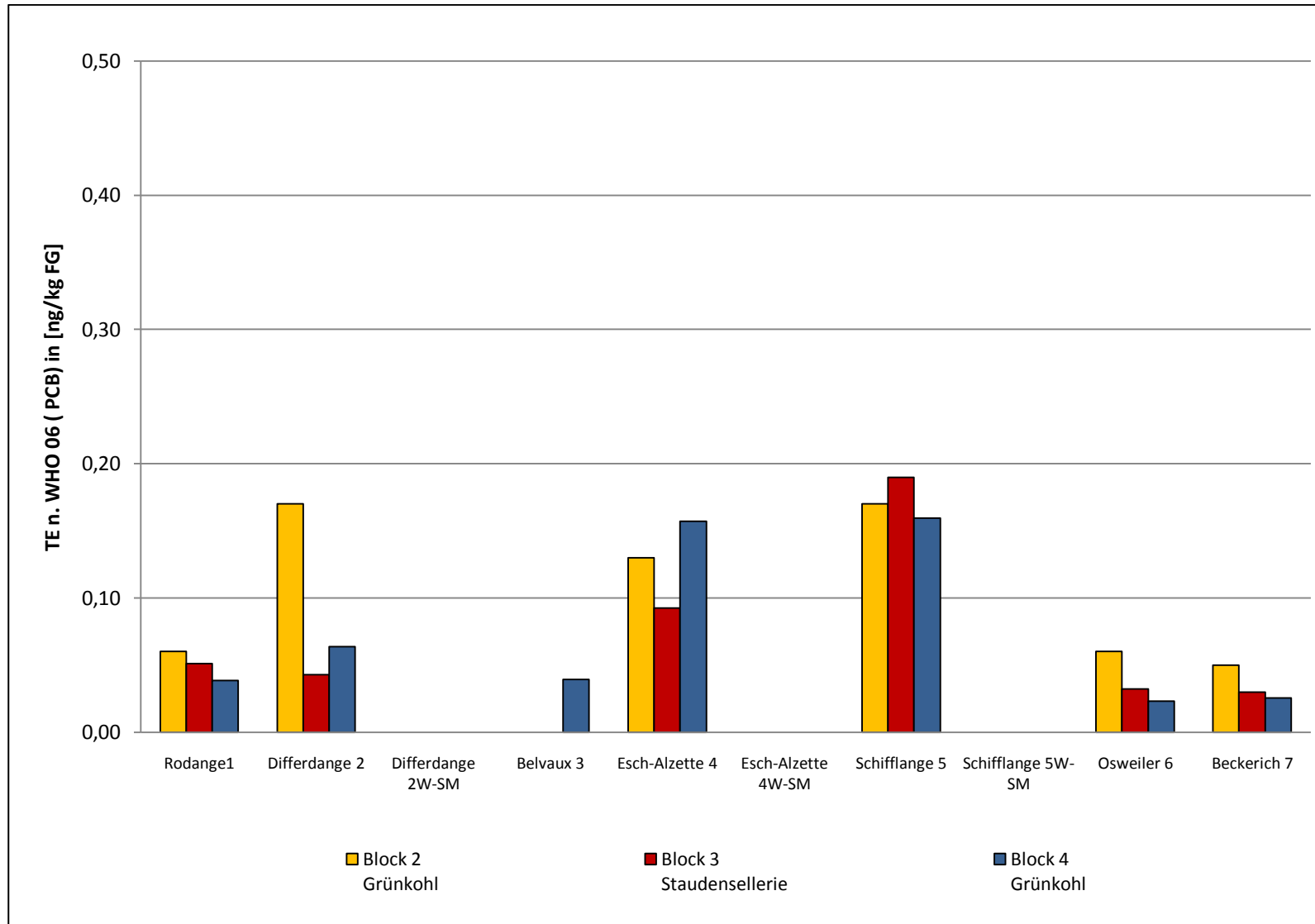


Abb. 19: TE nach WHO 06 (PCB)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen



TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB)

Nr.	Station	Grünkohl			Staudensellerie			Grünkohl		
		26.05.10 – 22.07.10			22.07.10 – 06.10.10			06.10.10 – 16.12.10		
		TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]	TS [%]	TS [ng/kg]	FG ^{*)} [ng/kg]
1	Rodange - Rue de Fontaine d'Olière	22,5	0,40	0,09	19,0	0,49	0,09	13,8	0,85	0,12
2	Differdange - Cité Henri Grey	20,4	1,09	0,22	15,3	0,88	0,13	16,3	1,11	0,18
2W-SM	Differdange - Cité Henri Grey									
3	Belvaux - Rue de l'Électricité							14,5	0,65	0,09
4	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"	19,2	1,03	0,20	18,5	1,38	0,26	15,7	1,97	0,31
4W-SM	ESCH/Alzette - Garten "In Elsebrech"									
5	Schifflange - Cité Um Benn	17,2	2,57	0,44	17,1	3,96	0,68	15,8	2,47	0,39
5W-SM	Schifflange - Cité Um Benn									
6	Osweiler - Rue de Dickweiler	22,5	0,40	0,09	18,9	0,38	0,07	13,5	0,52	0,07
7	Beckerich - Rue de Diekirch	18,3	0,39	0,07	17,5	0,38	0,07	14,9	0,54	0,08

Maximalwerte der TE inkl. der Nachweisgrenzen von nicht nachweisbaren Kongeneren

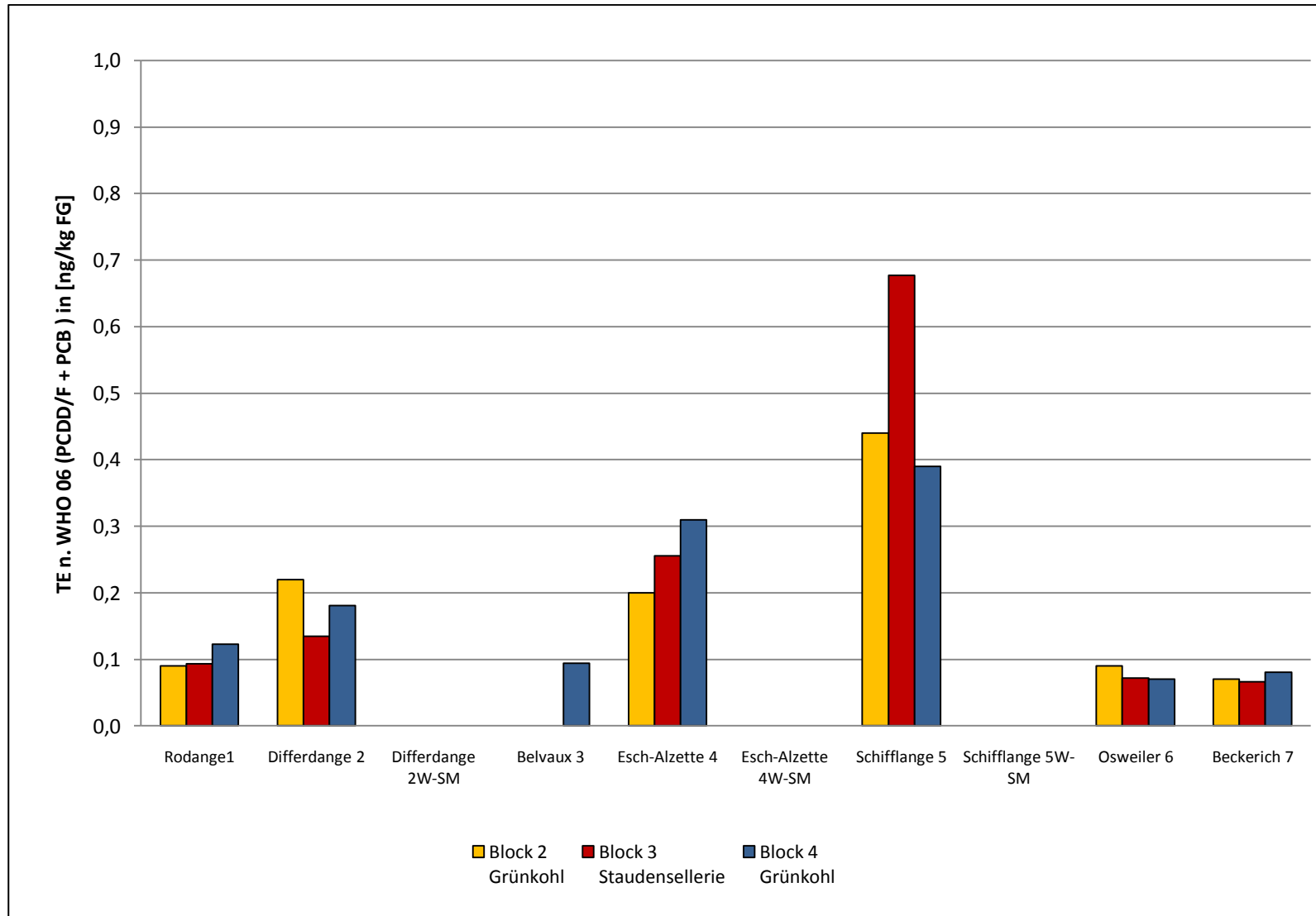
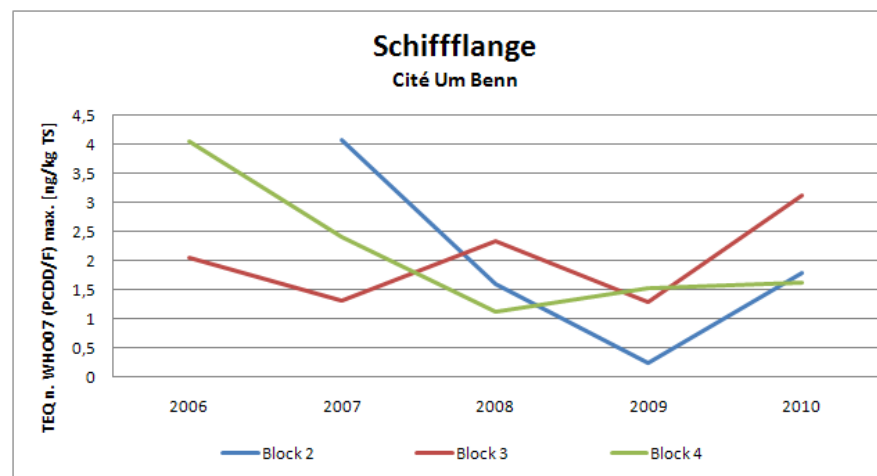
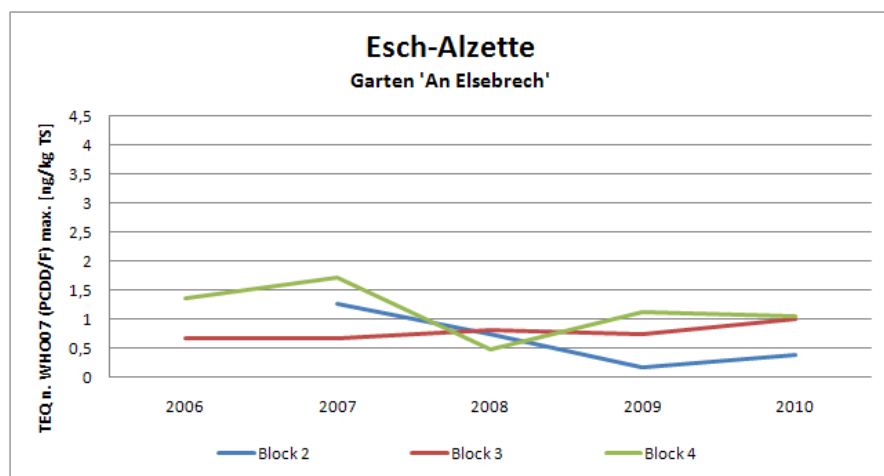
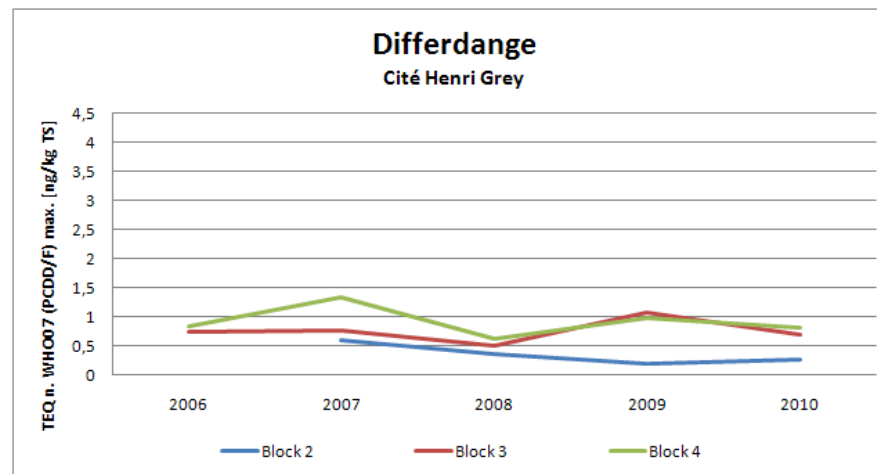
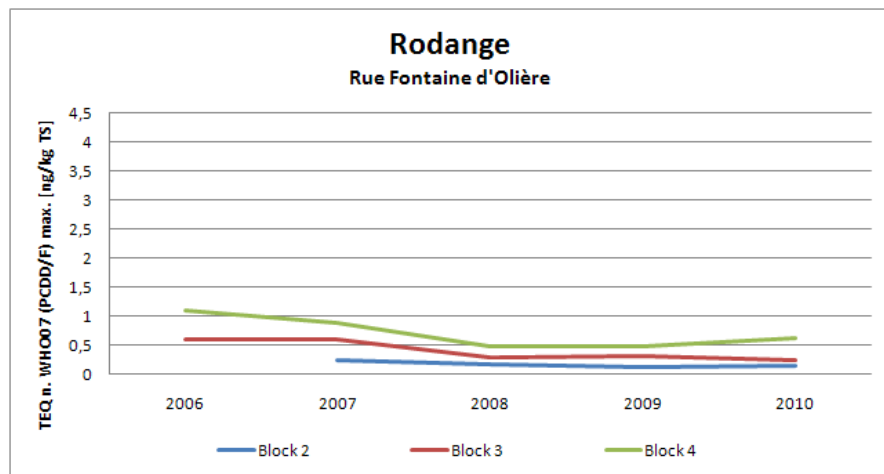
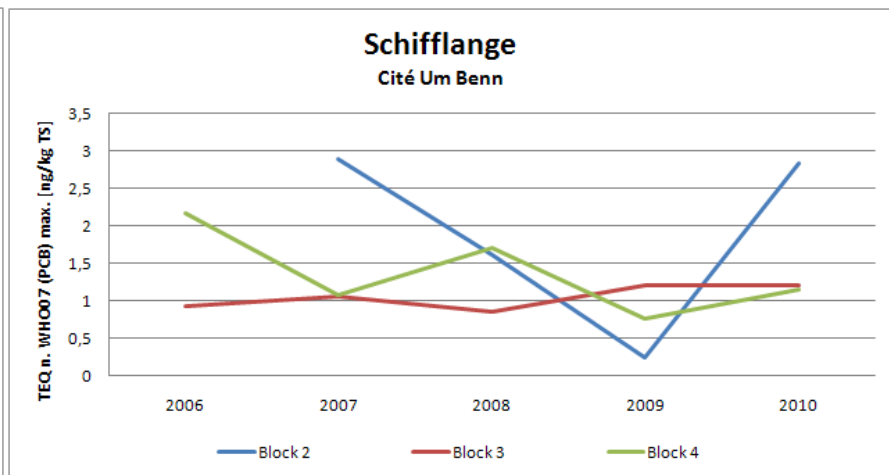
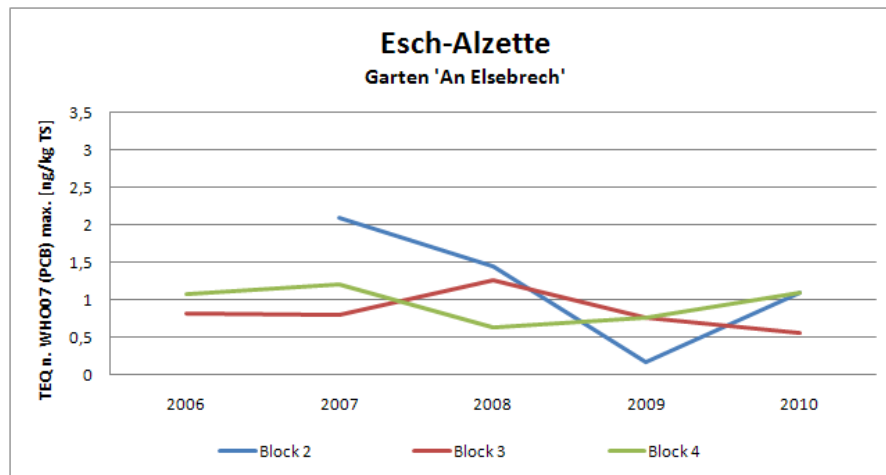
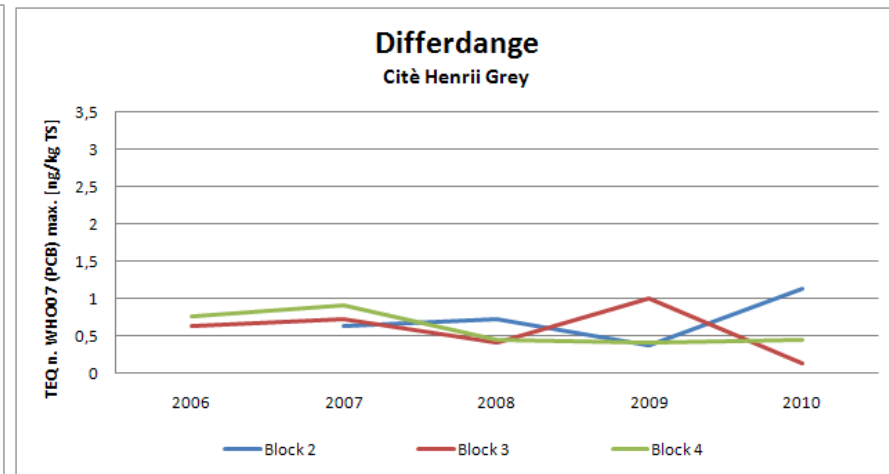
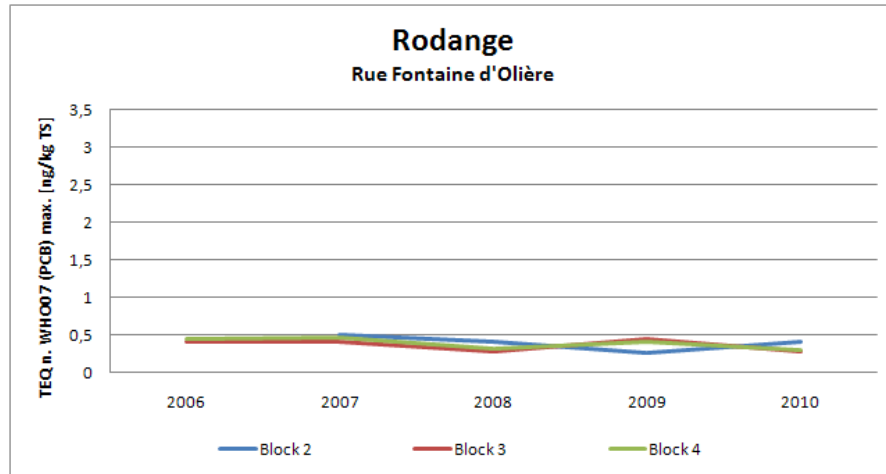


Abb. 20: TE nach WHO 06 (PCDD/F + PCB)-Gehalte in den Bioindikatorpflanzen

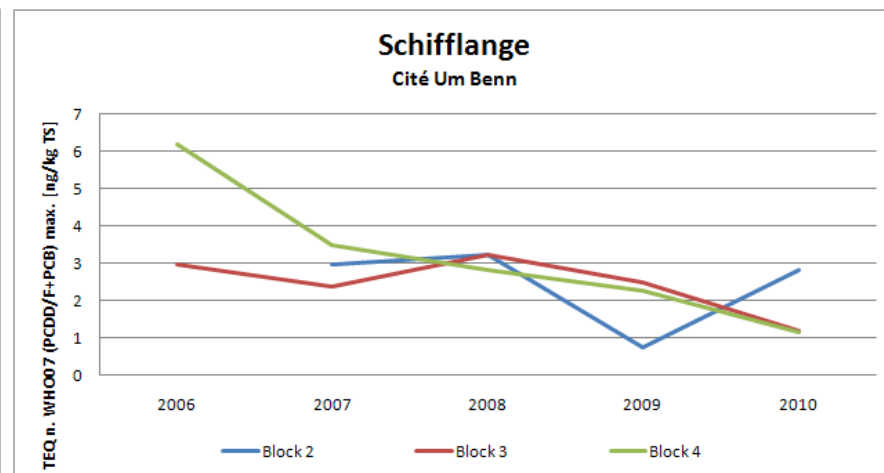
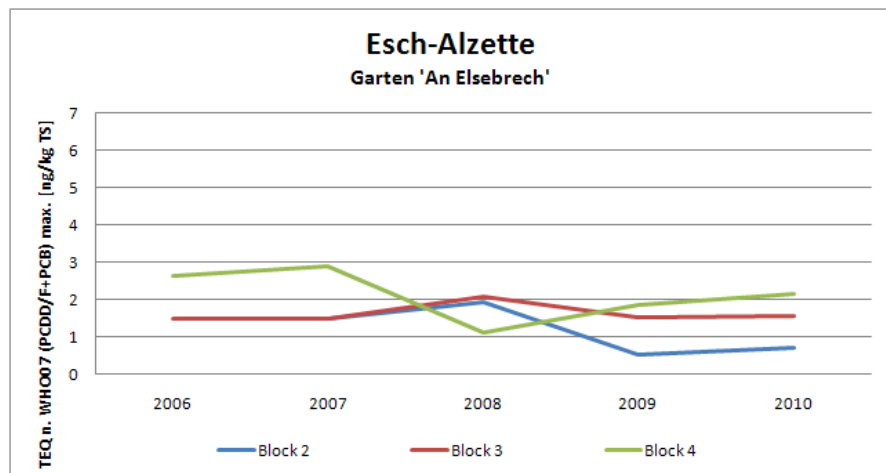
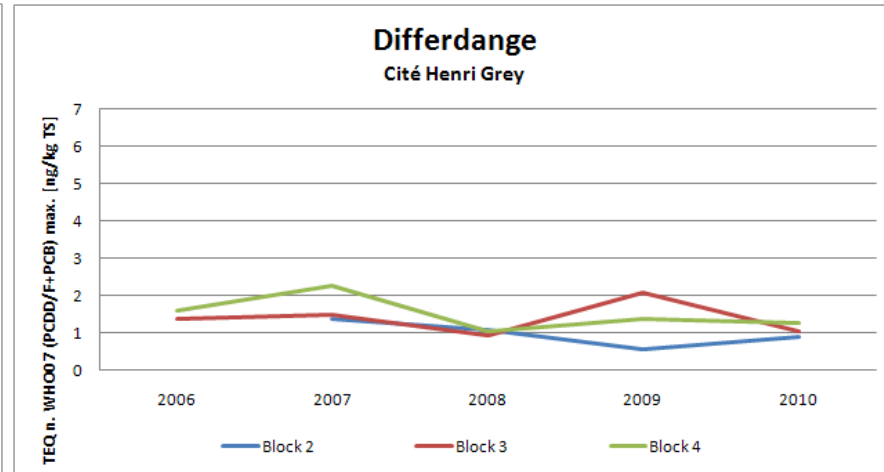
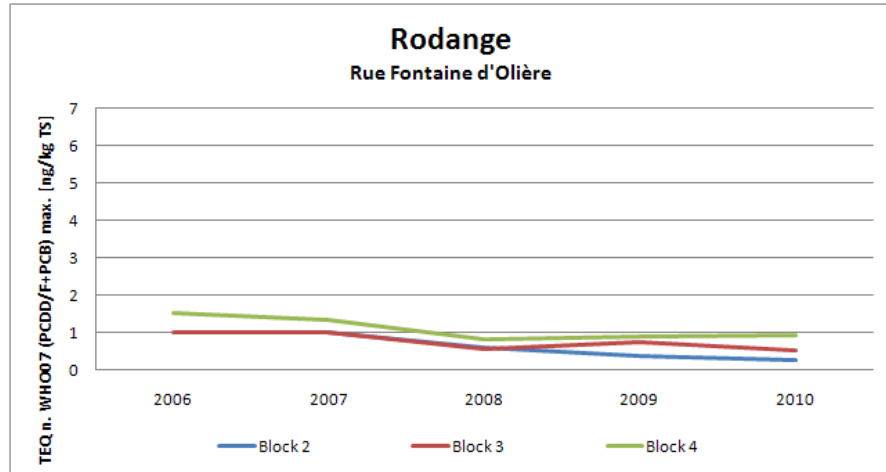
Organische Schadstoffe – Verlauf 2006 – 2010
Bezogen jeweils auf die Trockensubstanz
TEQ n. WHO 97 (PCDD/F) max.



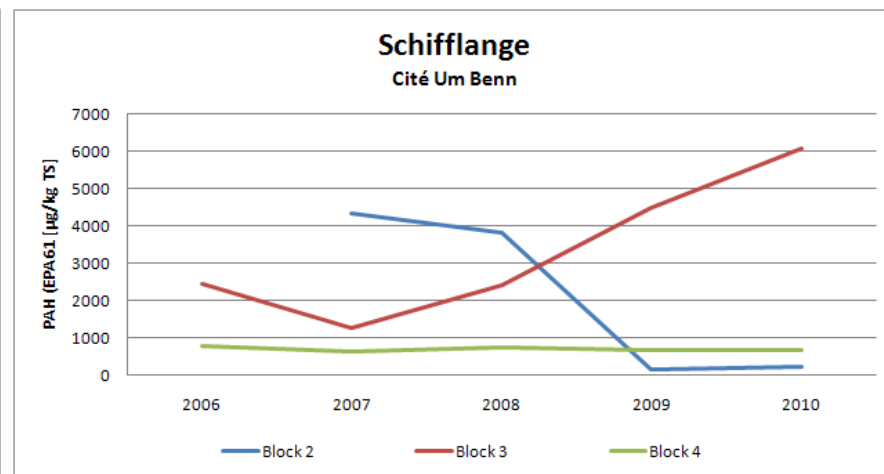
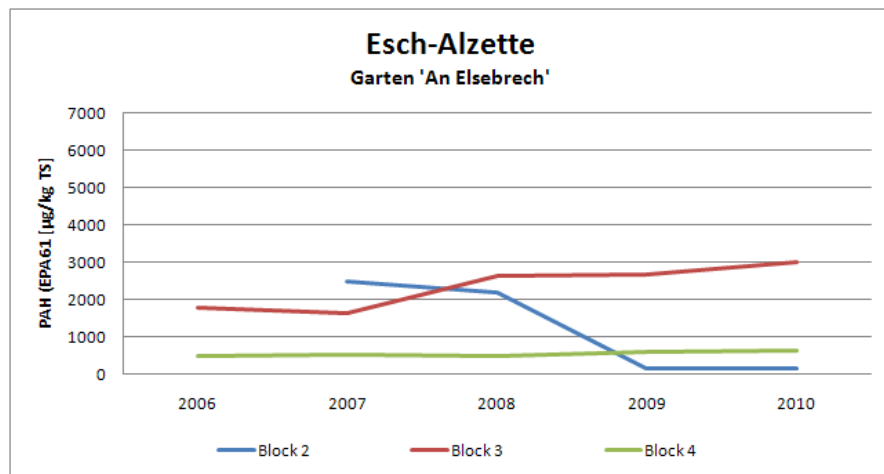
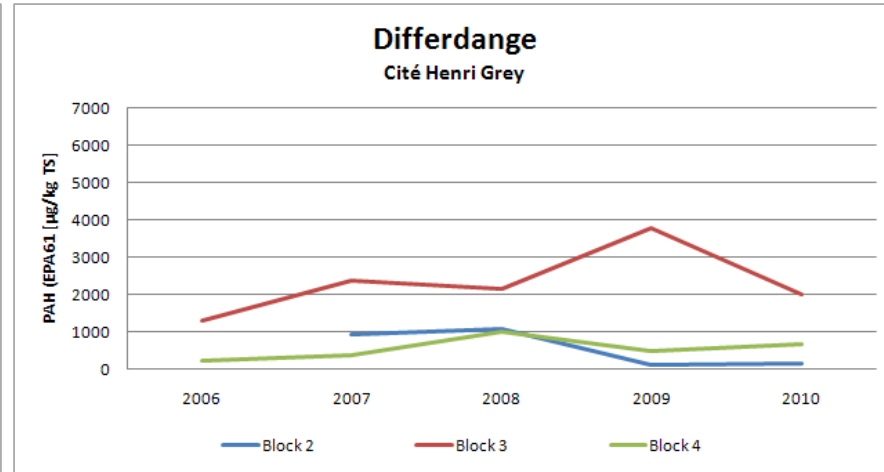
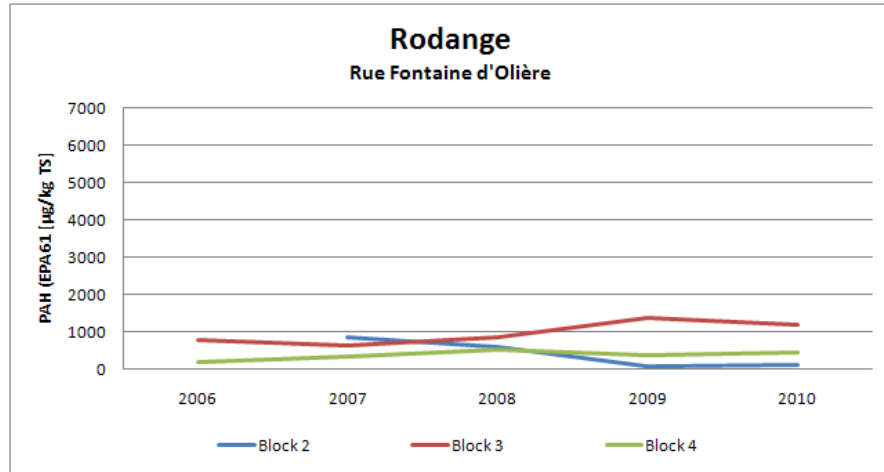
TEQ n. WHO 97 (PCB) max.



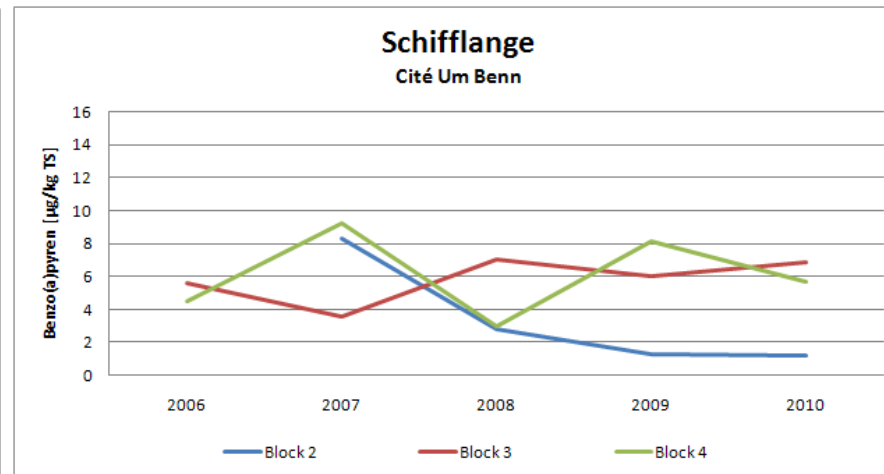
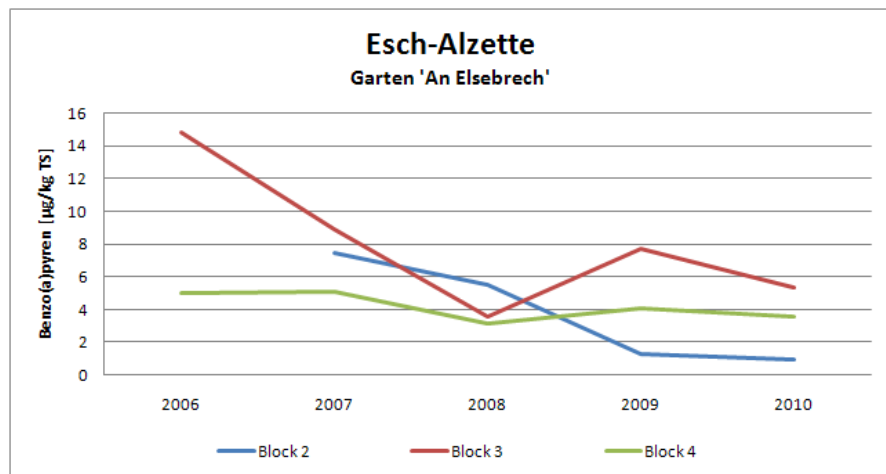
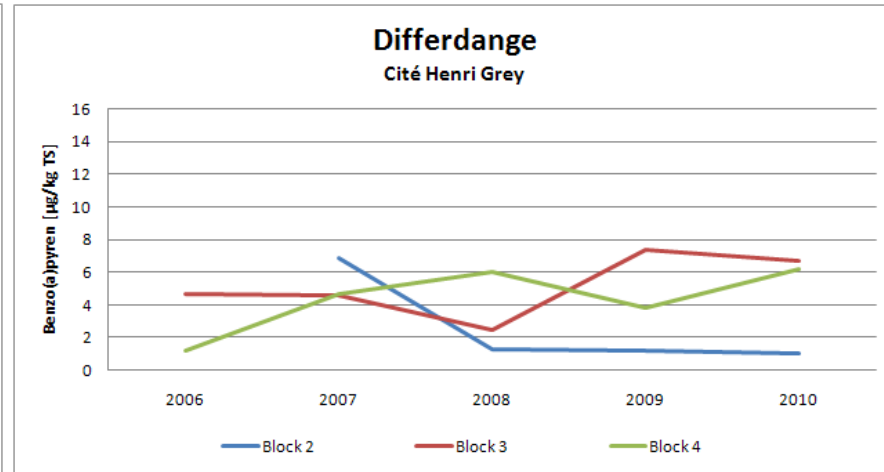
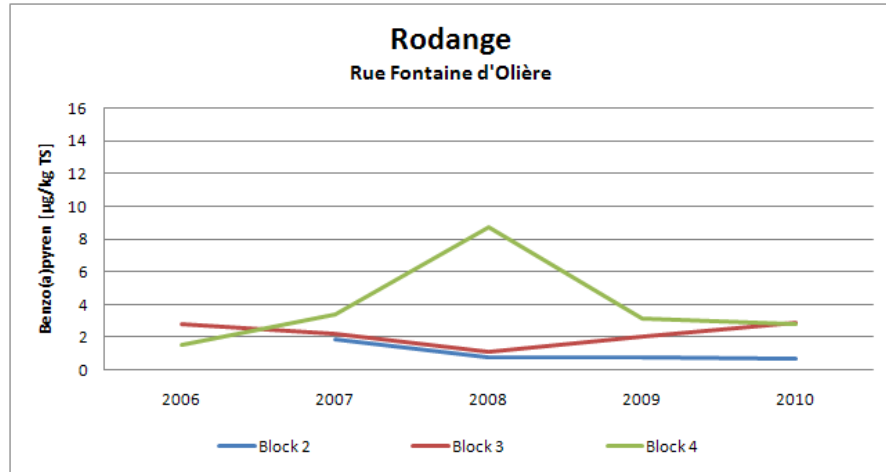
TEQ n. WHO 97 (PCDD/F+PCB)max.



PAH(EPA610)

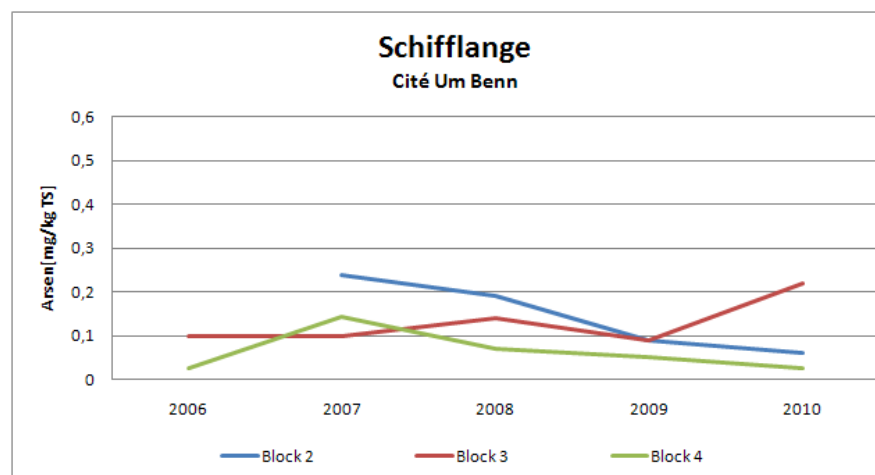
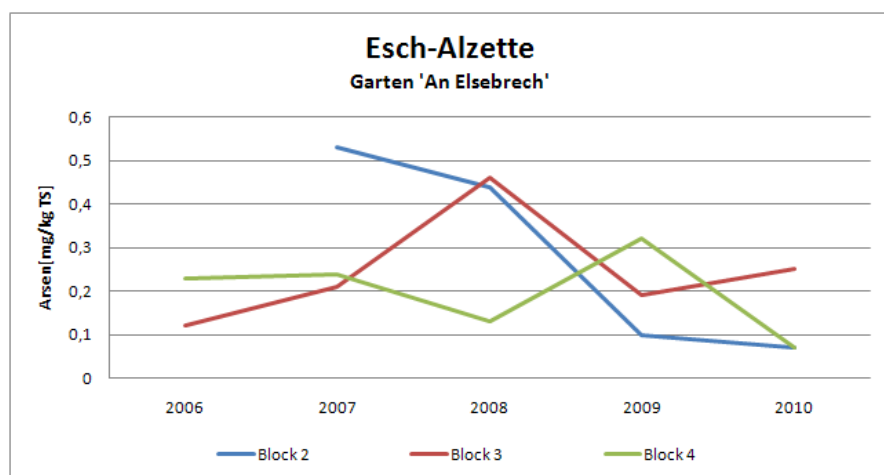
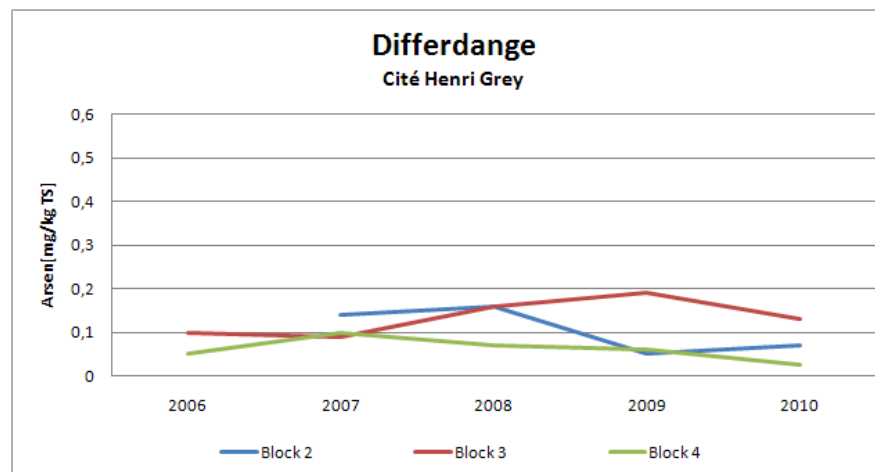
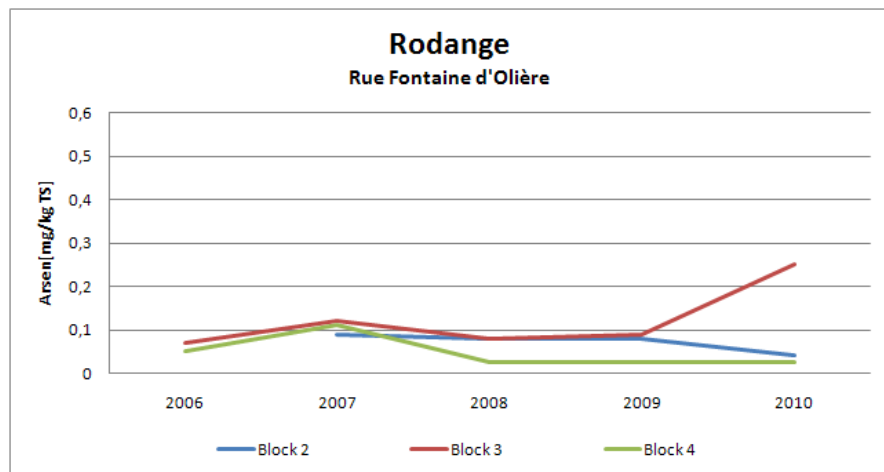


Benzo(a)pyren

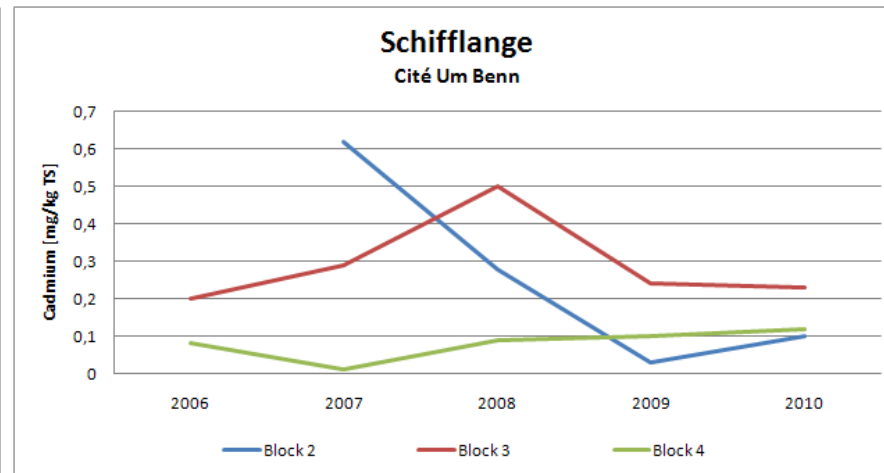
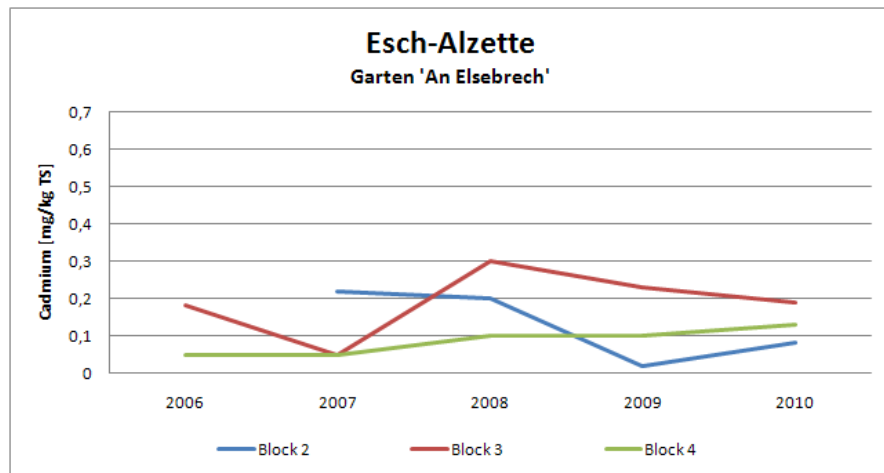
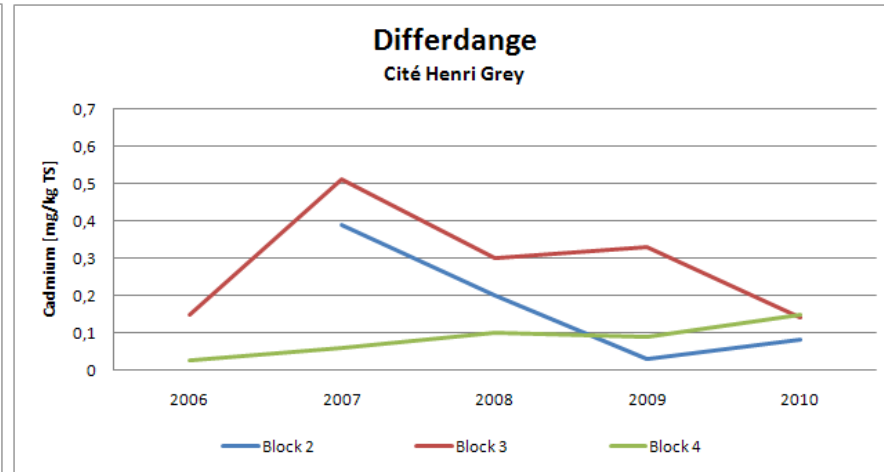
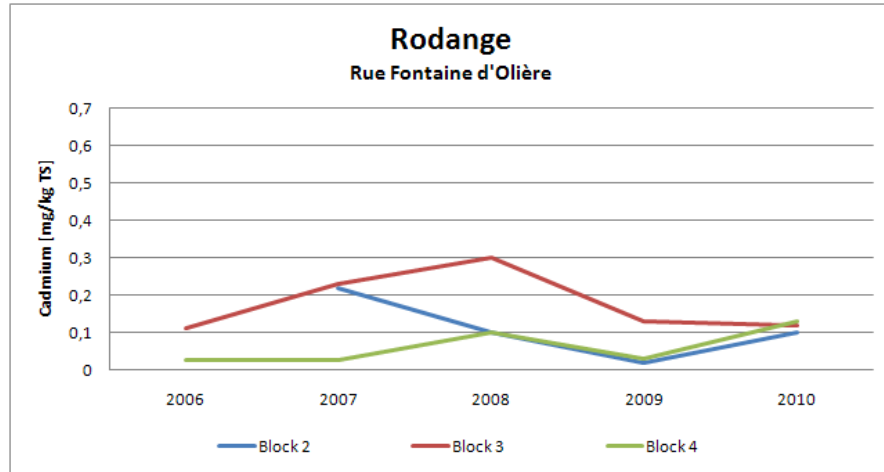


Schwermetalle

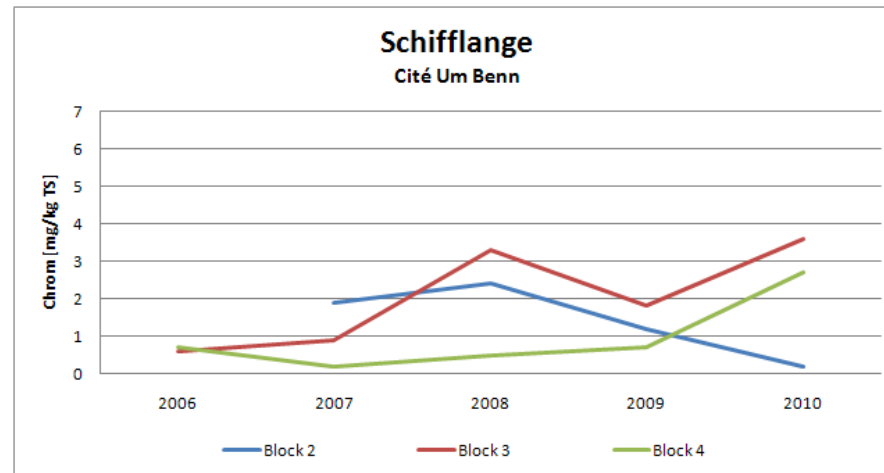
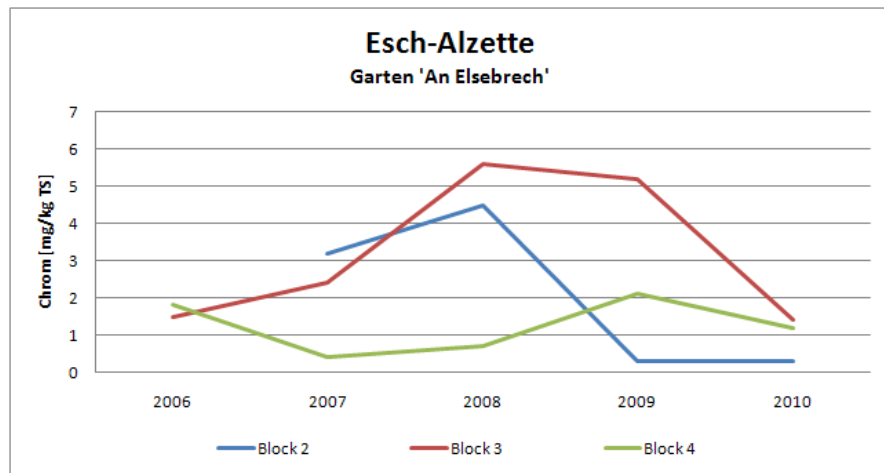
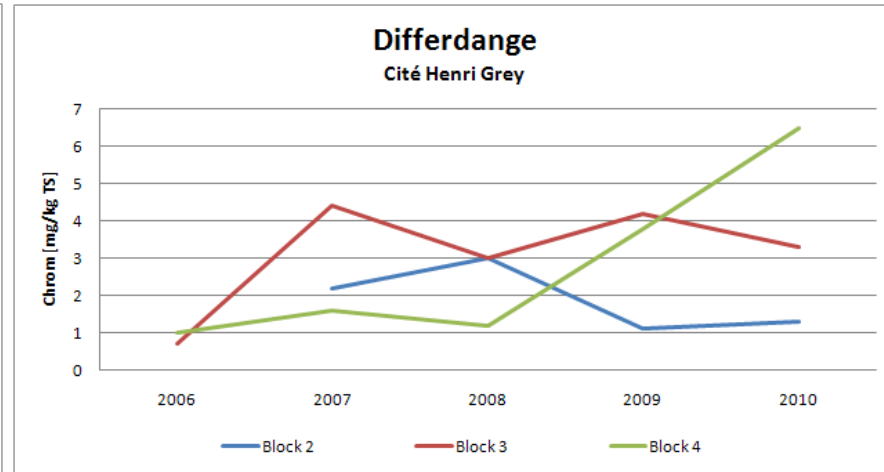
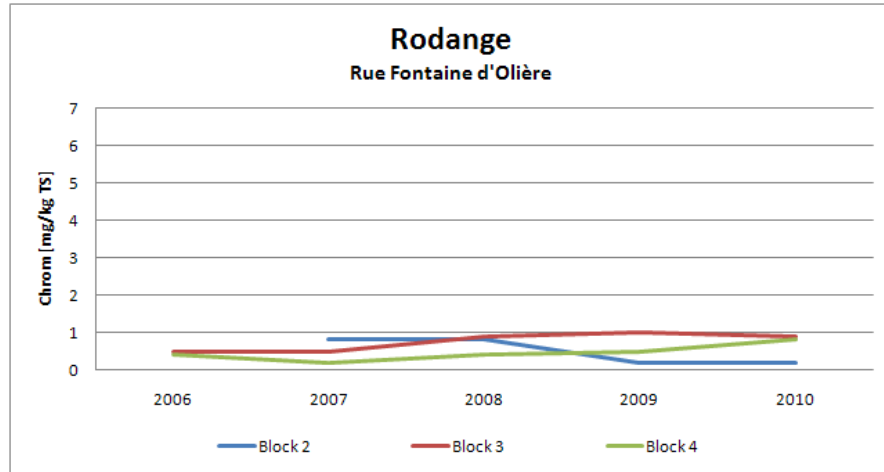
Arsen



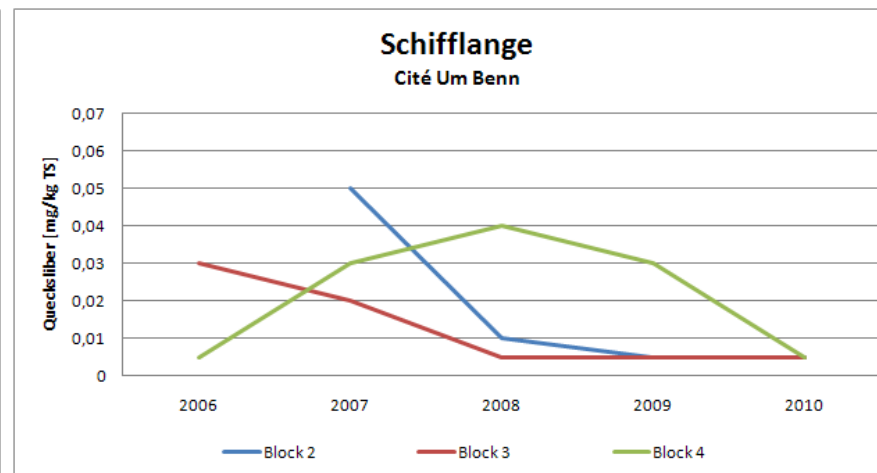
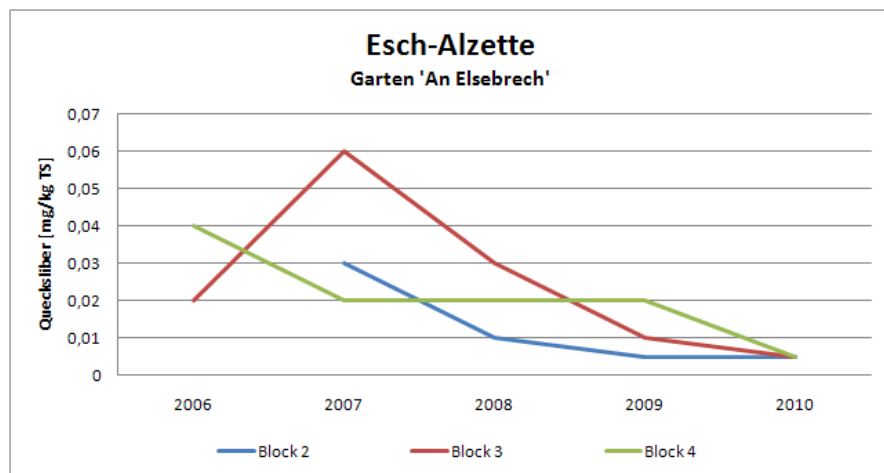
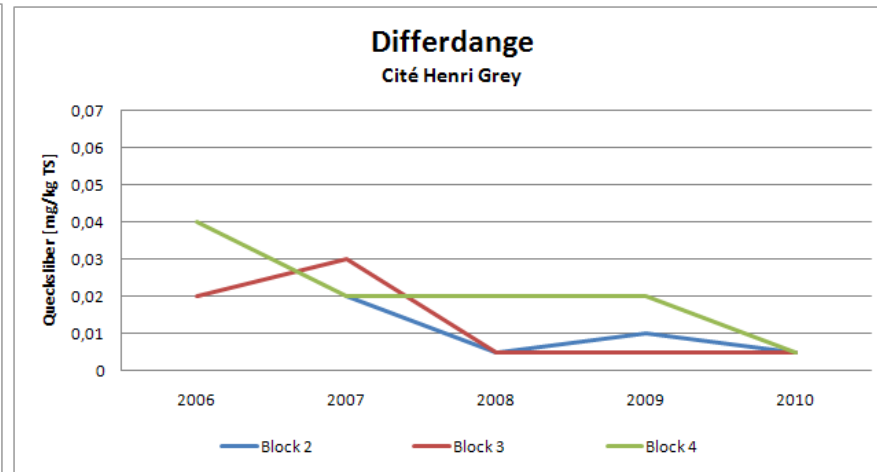
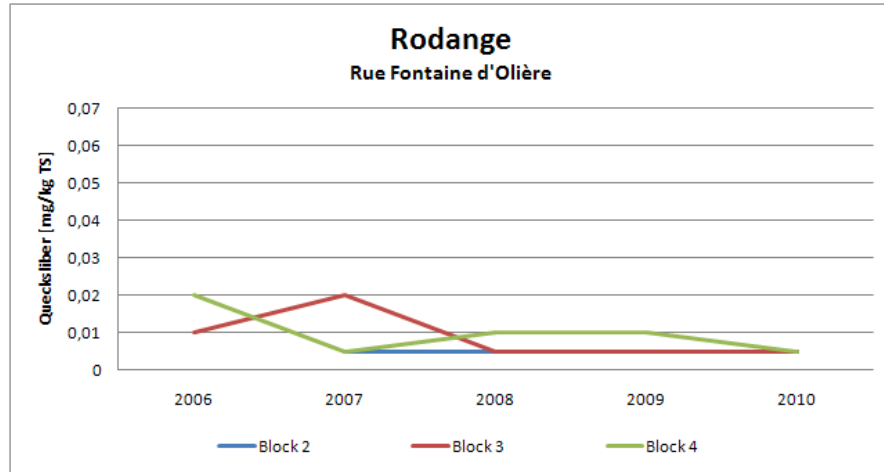
Cadmium



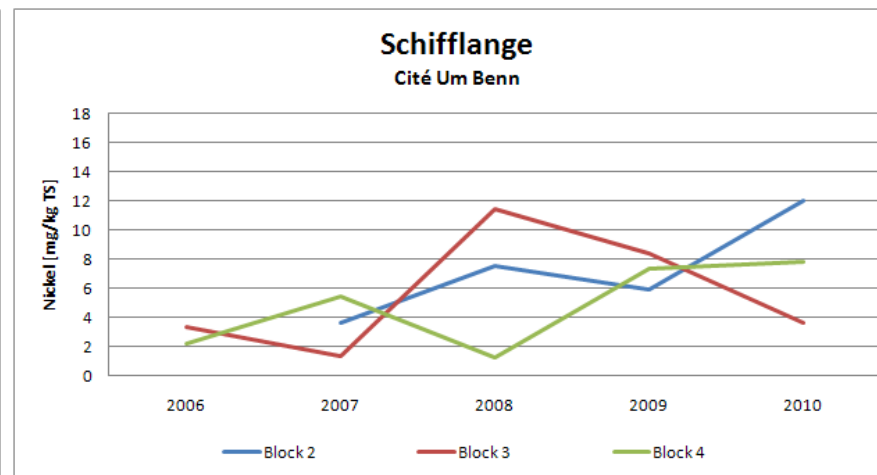
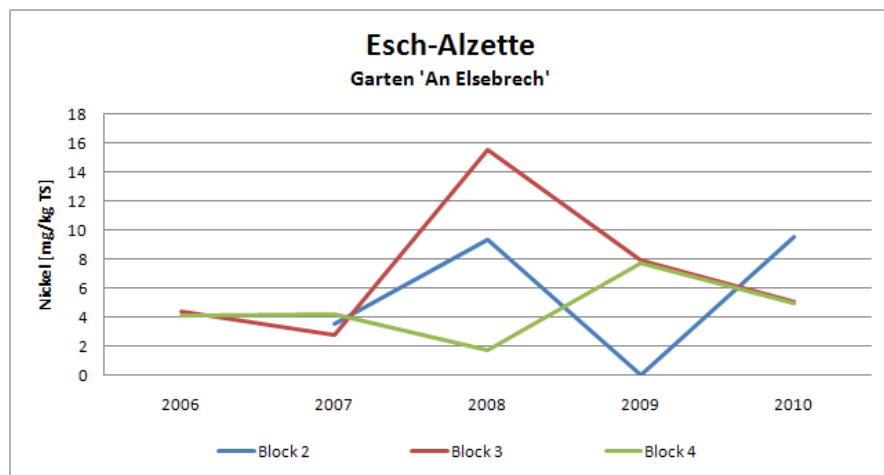
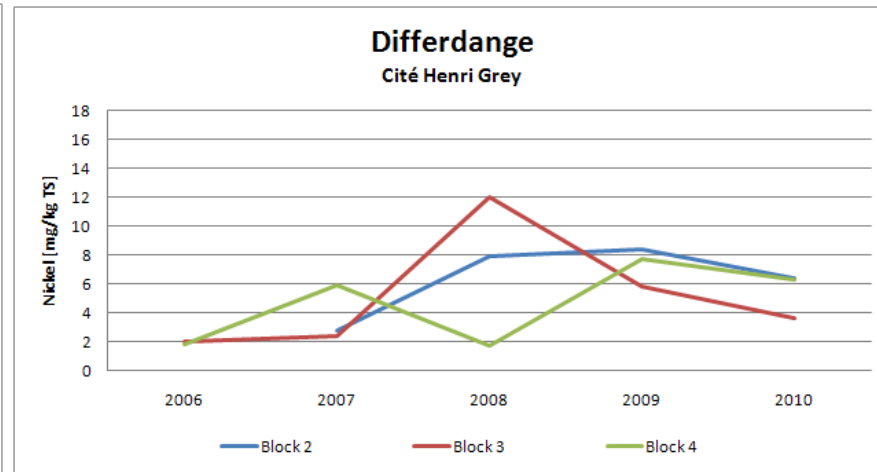
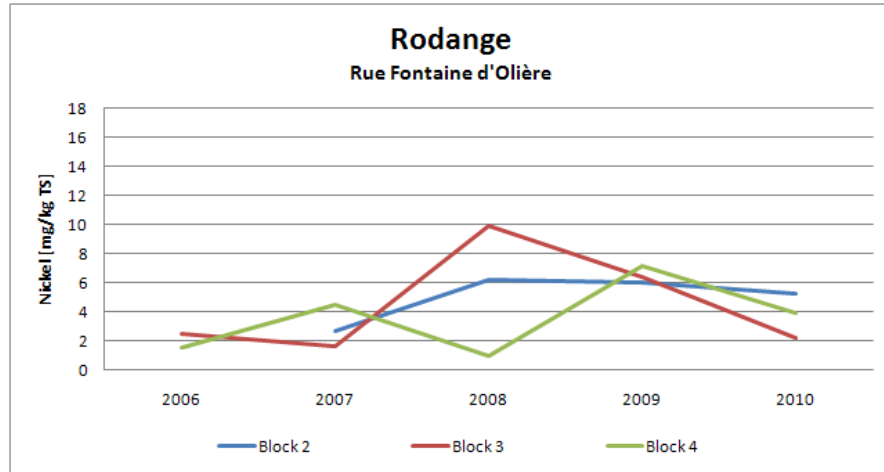
Chrom



Quecksilber

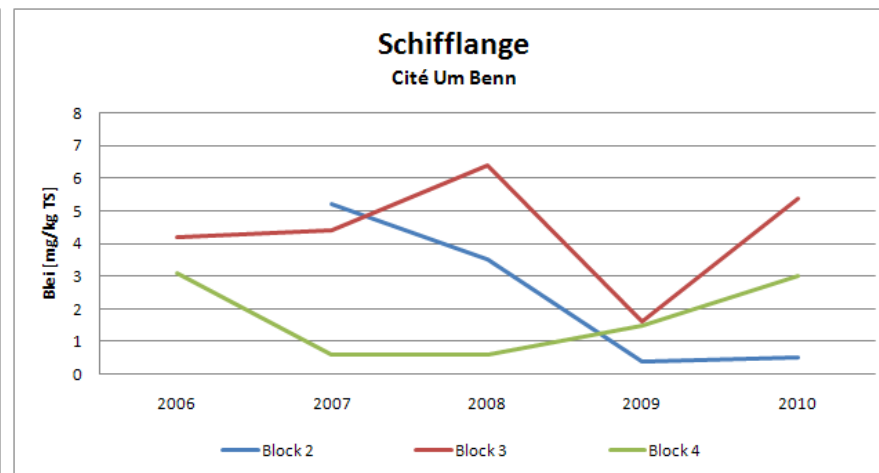
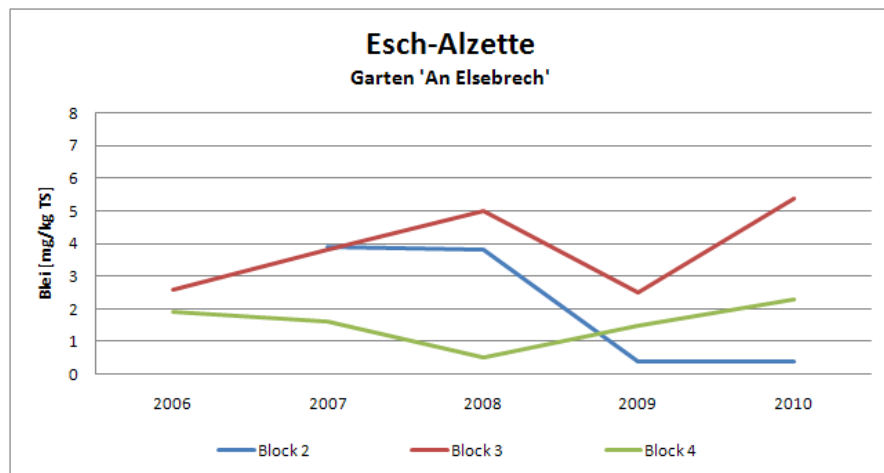
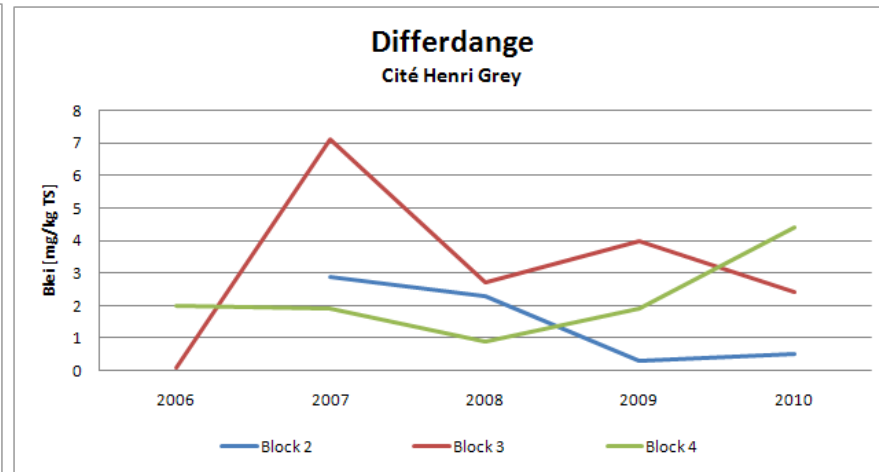
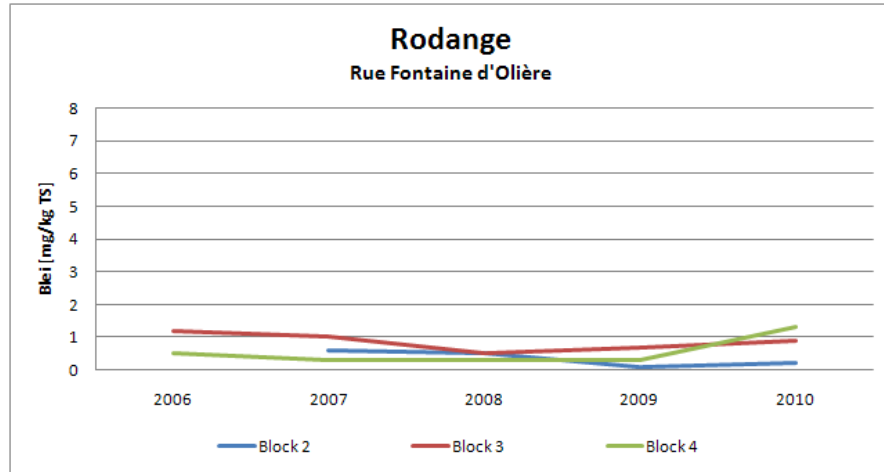


Nickel

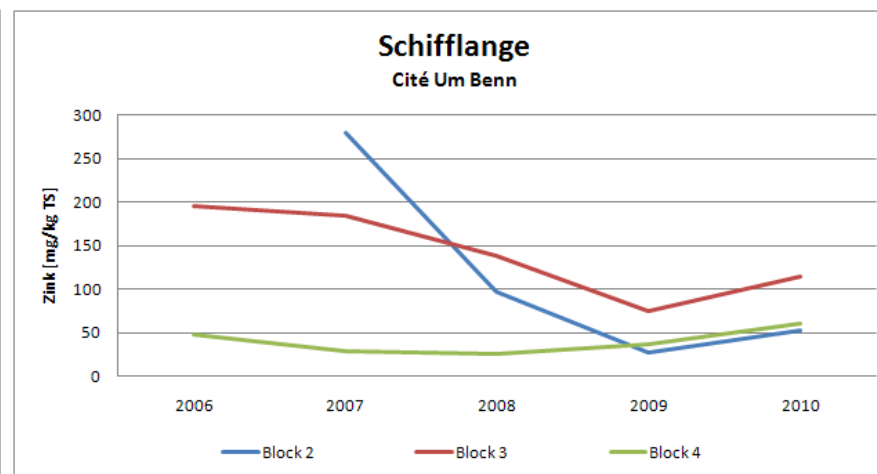
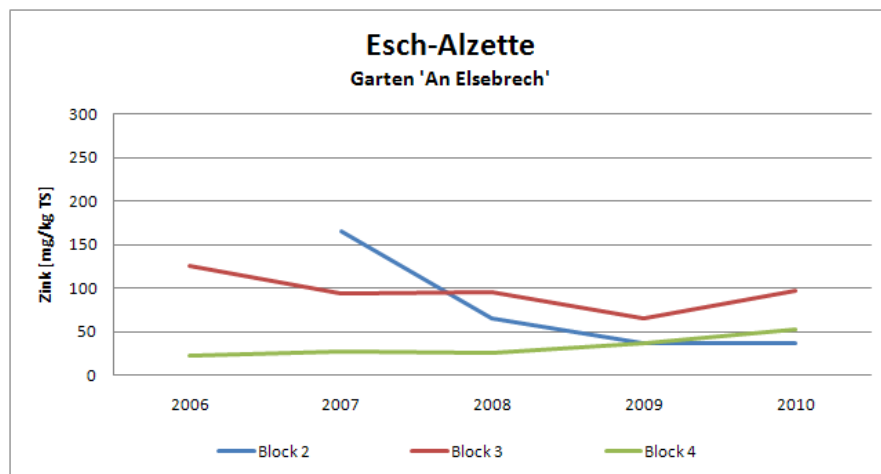
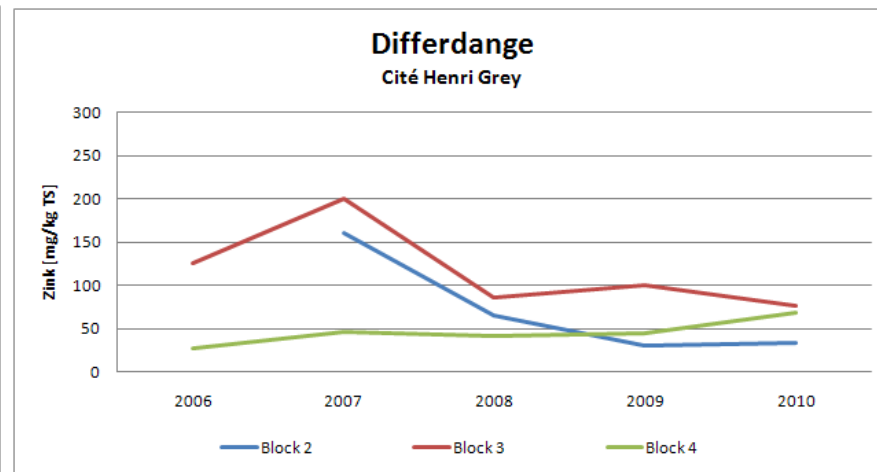
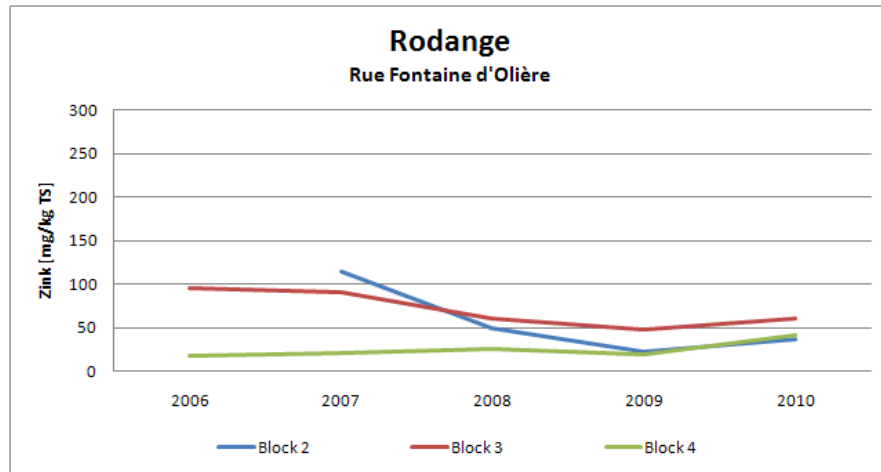




Blei



Zink



Molybdän

