

Wopfinger Baustoffindustrie GmbH: Biomonitoring mit der standardisierten Graskultur Beobachtungsjahr 2006

Richard Öhlinger,
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) GmbH –
Kompetenzzentrum (CC) Cluster Chemie Linz

1. Einleitung

Zur Beurteilung von möglichen Luftverunreinigungen im Nahbereich des Werkes in Wopfing bzw. zur erstmaligen Istzustandserhebung mittels aktivem Biomonitoring wurde die AGES GmbH, CC Cluster Chemie Linz, von der Fa. Wopfinger Baustoffindustrie GmbH am 6.3.2006 mit der Durchführung von Immissionskontrollen mittels standardisierter Graskultur beauftragt.

2. Material und Methode

2.1 Standorte

Folgende Standorte wurden im Versuchsjahr 2006 mit Expositionseinrichtungen versehen (ungefähre Entfernungsangaben vom Hauptwerksgebäude; siehe auch Karte im Anhang):

Wopfing Dorf: ca. 650 m nordwestlich

Bahnstraße: ca. 500 m östlich in Hauptwindrichtung

Feldgasse: ca. 300 m östlich in Hauptwindrichtung

2.2 Das Verfahren mit der Standardisierte Graskultur

Ende der 60er Jahre wurde die aktive Immissionserfassung mit Weidelgras zur Anreicherung von Luftschadstoffen in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Das Verfahren geht auf Arbeiten von Scholl (1971) zurück. Es stellt das ausgereifteste Bioindikationsverfahren dar und wird in VDI-Richtlinien behandelt (VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2, 2003, VDI 3957, Blatt 1, 1999, VDI 3957, Blatt 10, 2002 (Entwurf), Nobel et al., 2005, Zimmermann et al., 2000, Zimmermann et al., 1998, Öhlinger 2000, Erhardt et al., 1994, Arndt et al. 1987).

Neben der Feststellung von Luftverunreinigungen sind aus den Ergebnissen dieser Immissionserhebungen sowohl Rückschlüsse auf eine etwaige Gefährdung der Vegetation durch die ermittelten Schadstoffe als auch Aussagen über mögliche Kontaminationen von Futter- und Nahrungspflanzen möglich.

Durchführung: Die Durchführung erfolgte nach VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2, 2003 mod.

Die Indikatorpflanze Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*, Sorte "Lema") wird in Gewächshäusern unter vollkommen standardisierten, einheitlichen Bedingungen ca. 7 Wochen angezogen. Standardisiert sind sämtliche Manipulationen bezüglich der Aussaat und Anzuchttechnik, sowie alle übrigen Maßnahmen z.B. die Wasser- und Nährstoffversorgung. Zu diesem Zwecke wird hochwertiges Saatgut in Kunststoffpflanzgefäße, die mit Einheitserde (z.B. Fruhstorfer Typ "O")

gefüllt sind, ausgesät. Um eine ausreichende Bestandesdichte zu erreichen, werden die Kulturen in regelmäßigen Abständen auf Bestockungshöhe zurückgeschnitten.

Zur Exposition wird das Pflanzkulturgefäß in eine Trägervorrichtung gesetzt, welche eine einheitliche Höhe von 1,50 m aufweist, um eventuelle Verunreinigungen durch aufgewehten Erdstaub auszuschließen.

Die Bewässerung und Nährstoffversorgung erfolgt kontinuierlich mittels Saugstreifen, die in einen darunter befindlichen Behälter eintauchen. Nach erfolgter Exposition am Messort (siehe Expositionsperioden) wird der Grastopf mit einer neu angezogenen Graskultur aus dem Glashaus ausgetauscht. Die entfernte Kultur wird unter Verschluss gebracht und dem Labor zur weiteren Bearbeitung zugeführt. Dort wird das Gras geschnitten, je nach beabsichtigter Analyse getrocknet und homogenisiert. Aus dieser Probe werden danach die (Schadstoff)gehalte ermittelt.

Die Anzucht der Weidelgräser, die Errichtung der Expositionseinrichtungen und der Austausch der Pflanzgefäße mit Probenahme wurden von der AGES GmbH Linz bewerkstelligt. Die Betreuung der Weidelgräser während der Exposition (Gießen) geschah durch einen Mitarbeiter der Wopfinger Baustoffindustrie GmbH.



Abbildung: Expositionseinrichtung einer standardisierten Graskultur

Expositionsperioden:

Pro Standort waren 3 Pflanzgefäße mit einer ungefähren Anbaufläche von je 280 cm² exponiert. Die Pflanzenfrischmassen, welche zur Analyse verwendet wurden, schwankten zwischen 30 und 200 g pro Topf abhängig vom Standort und der Expositionsperiode. Pflanzenfrischmassen < 10 g (entsprechen ca. 2 g TS), die z.B. gemäß VDI 3972, Bl.2 (2003) zu verwerfen sind, kamen nicht zur Analyse.

Expositionsperiode	Zeitraum
1. Periode	2.5. – 30.5.2006
2. Periode	30.5. – 26.6.2006
3. Periode	26.6. – 24.7.2006
4. Periode	24.7. – 21.8.2006
5. Periode	21.8. – 20.9.2006

2.3 Chemische Analyse (Hinweise zum Prüfverfahren siehe auch Prüfberichte)**Elementanalytik:**

Für die Analyse auf Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Co, Sb, F, V und Tl wurden die ungewaschenen Grasproben bei einer Temperatur von 80° Celsius getrocknet (für Hg bei ca. 30° C) und auf eine Korngröße unter 1 mm vermahlen und homogenisiert.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH):

Zur Analyse auf PAH wurden die Weidelgräser im naturfeuchten Zustand zerkleinert und homogenisiert.

Folgende PAHs wurden bestimmt:

Benzo(a)pyren (BaP)	Dibenz(a,h)anthracen
Benzo(b)fluoranthren (BbF)	Phenanthren
Benzo(k)fluoranthren (BkF)	Anthracen
Benzo(g,h,i)perylen (BPe)	Pyren
Fluoranthren (Flu)	Benz(a)anthracen
Indeno-(1,2,3-c,d)pyren (IPy)	Chrysen
Naphthalin	Acenaphthen
Fluoren	

PAH 6 = Summe von BaP, Flu, BbF, BkF, BPe und Ipy

PAH 12 = Summe aus allen angeführten PAHs exclusive Naphthalin, Fluoren und Acenaphthen

Abkürzungen:

TS= Trockensubstanz

FS = Frischsubstanz

2.4 Zur Auswertung

- Die standardisierte Graskultur ist ein Bioindikationsverfahren, welches wirkungsbezogen atmosphärische Schadstoffeinträge anzeigt. Dabei bezieht sich die Bewertung der gemessenen Schadstoffgehalte in erster Linie auf die vermutliche Auswirkung auf (landwirtschaftlich genutzte) Pflanzen. In weiterer Folge wird eine etwaige Gefährdung von landwirtschaftlichen Nutztieren geprüft. Eine nähere und exakte Beurteilung der durch die Graskultur angezeigten Immissionen ist jedoch nur durch Analyse des natürlichen Aufwuchses bzw. durch veterinärmedizinische Untersuchungen möglich. Die standardisierte Graskultur liefert verlässliche Hinweise über Immissionen von bestimmten Schadstoffen, die bei Überschreitung vorgegebener Richtwerte an der standortspezifischen Biologie (Boden, Pflanze, Tier) geprüft werden müssen.
- Ein Ziel der Untersuchung war die Analyse der Immissionssituation in Bezug auf landwirtschaftlich genutzte bzw. empfindliche Pflanzen. Die Analyse des Pflanzenmaterials geschah daher aus der ungewaschenen, natürlich auffindbaren Probe. Sofern sich Gehalte in einem definierten "Normalbereich" bewegen, ist ein deutlicher Unterschied zwischen der gewaschenen und ungewaschenen Probe eher unwahrscheinlich.
- Im allgemeinen können in den exponierten Weidelgräsern die jeweiligen Konzentrationen im Laufe der Meßperioden eines Jahres ansteigen. Dies beruht darauf, daß im Spätsommer meistens weniger Pflanzenmasse als im späten Frühjahr (Juni) gebildet wird und somit ein "Verdünnungseffekt" wegfällt. Ein etwas höherer Gehalt in den letzten Meßperioden zeigt daher meistens keinen erhöhten Immissionseinfluß an, sondern liegt in der geringeren Pflanzenmasse begründet. Aufgrund dieser Tatsache wird zur Beurteilung der Immissionssituation das arithmetische Mittel oder der *Median* aus mehreren Meßperioden herangezogen. Die in diesem Bericht angewandte Auswertung der Pflanzenanalysen erfolgte auf der Ordinalskala (eine Normalverteilung ist bei Immissionsmessungen mit pflanzlichen Bioindikatoren meistens nicht gegeben bzw. zu erwarten). Als entsprechender Mittelwert wurde somit in den Ergebnistabellen der **Median** aus den 5 Expositionsperioden berechnet und beurteilt.
- Ad „**natürlicher Referenzbereich**“: Aus mehrjährigen Messungen mit der standardisierten Graskultur an Standorten im ländlichen Gebiet wurde das jeweilige 95%-Perzentil ermittelt und als Richtwert für einen „natürlichen Referenzbereich“ vorgeschlagen (Öhlinger 2006).
- Ad „**toxikologisch relevanter Bereich**“: Unter diesem Begriff werden, soweit verfügbar, landwirtschaftlich relevante Regelwerke (z.B. Richtlinie 2002/32/EG für Futtermittelhöchstwerte) zitiert.

Bei den Angaben „normal in Pflanzen“ (Sauerbeck 1985) wird auf die starke Abhängigkeit von Bodentyp, Ausgangsgestein, Pflanzenart, Pflanzenalter und Pflanzenorgan hingewiesen. Werte, die als „kritisch für Pflanzenwuchs“ bezeichnet werden, sind Schwellenwerte, bei denen die Wachstumshemmung von besonders sensitiven Pflanzenarten beginnt. Die Angaben zu „kritisch als Tierfutter“ beziehen sich auf verschiedene Haustiere (Sauerbeck 1985).

Die Ableitung von Maximalen-Immissions-Werten (MID) nach den entsprechenden VDI-Richtlinien 2310 erfolgt aus langfristigen Versuchen zur Ermittlung von Dosis-Zeit-Wirkungsbeziehungen bei Nutztieren. Bei den nachfolgenden MID-Angaben unter den „toxikologisch relevanten“ Gehalten wurden hauptsächlich die empfindlichsten Tiergruppen berücksichtigt und entsprechend zitiert.

3. Ergebnisse

In den folgenden Ergebnistabellen sind die **Standortsmediane** für das Beobachtungsjahr 2006 aus n Messperioden angeführt.

3.1 Cadmium (Cd)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,04	0,04	0,05
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich:

< 0,2 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich:

> 1 mg/kg TG (Richtlinie 2002/32/EG), 5-10 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985)

> 0,4 mg/kg TG Futter-MID-Werte (VDI 2310)

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.2 Chrom (Cr)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,31	0,25	0,36
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich:

< 0,5 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich:

1-2 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985), 50-3000 mg/kg TS kritisch als Tierfutter (Sauerbeck 1985)

Beurteilung: Natürliche Gehalte.

3.3 Cobalt (Co)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,11	0,07	0,09
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich:

< 0,2 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich:

k.A.

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.4 Kupfer (Cu)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	7,5	5,9	8,6
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 15 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: 15-20 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985), 30-100 mg/kg TS kritisch als Tierfutter (Sauerbeck 1985)

*Beurteilung: Natürliche Gehalte***3.5 Quecksilber (Hg)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,014	0,012	0,013
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 0,025 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: > 0,1 mg/kg TG für Alleinfuttermittel (Richtlinie 2002/32/EG), Futter-MID-Werte in mg/kg TG (VDI 2310): Huhn: 0,02; Schaf: 0,05; Schwein: 0,08; Rind: 0,1; 0,5-1 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985)

*Beurteilung: Natürliche Gehalte***3.6 Nickel (Ni)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	1,0	1,2	1,0
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 3,5 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: > 50 mg/kg TG Futter-MID-Wert für Rinder (VDI 2310), 20-30 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985)

Beurteilung: Natürliche Gehalte.

3.7 Blei (Pb)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,3	0,4	0,6
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 2,6 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: >40 mg/kg TG für Grünfutter (Richtlinie 2002/32/EG),
 MID-Werte in mg/kg TG (VDI 2310): Rind <6 Monate: 0,9-1,3; Rind >6 Monate: >18;
 Schaf/Ziege: < 6 Monate: 4-6; Schwein: 5-7;
 10-20 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs (Sauerbeck 1985)

*Beurteilung: Natürliche Gehalte.***3.8 Antimon (Sb)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	<0,03	<0,03	<0,03
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 0,1 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: k.A.

*Beurteilung: Natürliche Gehalte.***3.9 Thallium (Tl)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	<0,08	<0,08	<0,09
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 0,1 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: MID-Werte in mg/kg TG (VDI 2310): Mastkühen: 0,4; Legehennen: 0,8
 20-30 mg/kg TS kritisch für Pflanzenwuchs, 1-5 mg/kg TS kritisch als Tierfutter (Sauerbeck 1985)

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.10 Zink (Zn)

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	48	38	52
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 90 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: 300 mg/kg TG Futter-MID-Wert für Schafe (VDI 2310)

*Beurteilung: Natürliche Gehalte***3.11 Fluorid (F)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	<3,2	<4,3	14,5
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 4,5 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: >30 mg/kg TG für Alleinfuttermittel für laktierende Rinder, Schafe und Ziegen (Richtlinie 2002/32/EG), MID-Werte in mg/kg TG (VDI 2310): >30 (Rind)

*Beurteilung: Immissionseinfluss (vermutlich durch Staubablagerungen) am Standort Feldgasse.***3.12 Vanadium (V)**

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,09	0,12	0,14
n	5	5	5

in mg/kg TS

Natürlicher Referenzbereich: < 0,25 mg/kg TS für Weidelgras

Toxikologisch relevanter Bereich: 2 mg/kg TG Futter-MID-Wert für Mastkühen (VDI 2310)

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.13 PAH - Benzo(a)pyren

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	0,14	0,15	0,13
n	5	5	5

in µg/kg FS

Natürlicher Referenzbereich: < 0,5 µg/kg FS für Weidelgras
 Toxikologisch relevanter Bereich: k.A.

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.14 PAH - Summe 6

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	1,9	2,2	1,7
n	5	5	5

in µg/kg FS

Natürlicher Referenzbereich: < 10 µg/kg FS für Weidelgras
 Toxikologisch relevanter Bereich: k.A.

Beurteilung: Natürliche Gehalte

3.15 PAH - Summe 12

	Wopfung Dorf	Bahnstraße	Feldgasse
2006	4,2	4,4	4,0
n	5	5	5

in µg/kg FS

Natürlicher Referenzbereich: < 20 µg/kg FS für Weidelgras
 Toxikologisch relevanter Bereich: k.A.

Beurteilung: Natürliche Gehalte

4. Zusammenfassung

Auf Auftrag der Wopfinger Baustoffindustrie GmbH wurden im Beobachtungsjahr 2006 erstmals Immissionsmessungen mit der standardisierten Graskultur (aktives Biomonitoring) im Nahbereich des Werkes in Wopfing an drei festgelegten Standorten durchgeführt. Bestimmt wurden die Gehalte an Cd, Cr, Co, Cu, F, Hg, Ni, Pb, Sb, Tl, V und Zn sowie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs) von 5 Expositionsperioden pro Standort.

Alle ermittelten Mediane mit Ausnahme von Fluorid am Standort Feldgasse lagen im natürlichen Bereich eines ländlichen, industriefernen Gebietes.

Ein toxikologisch relevanter Gehalt aus landwirtschaftlicher Sicht wurde weder erreicht noch überschritten. Eine Beeinträchtigung von Pflanzen sowie von landwirtschaftlichen Nutztieren ist demnach nicht gegeben.

5. Literatur

- Arndt U, Nobel W und Schweizer B (1987): Bioindikatoren: Möglichkeiten, Grenzen u. neue Erkenntnisse. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Erhardt W, Fischer I und Wildenmann K (1994): Bioindikationsmethoden - Standardisierte Graskultur. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 6, 219-222
- Nobel, W., Beismann, H., Franzaring, J., Kostka-Rick, R., Wagner, G. und Erhardt, W. (2005): Standardisierte biologische Messverfahren zur Ermittlung und Bewertung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) in Deutschland. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 65, 478-484.
- Öhlinger R (2000): Biomonitoring von Luftschadstoffen und deren Bewertung aus landwirtschaftlicher Sicht. Veröff. Bundesamt für Agrarbiologie Linz/Donau 22, 13-52
- Öhlinger R (2006): Aktives und passives Biomonitoring. Richtwertevorschläge vom 1.3.2006. www.ages.at AGES GmbH – CC Cluster Chemie Linz
- Richtlinie 2002/32/EG vom 7.5.2002, Anhang I (unerwünschte Stoffe)
- Sauerbeck D (1985): Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Verlag Kohlhammer, Stuttgart und Mainz
- Scholl G (1971): Ein biologisches Verfahren zur Bestimmung der Herkunft und Verbreitung von Fluorverbindungen in der Luft. Landw. Forschung, Sonderheft 26, 29-55.
- Sommer B (1987): Beurteilung einer Belastung von Nahrungs- und Futterpflanzen mit Cadmium, Blei, Thallium und Fluor. Teil III. Bericht 8/87 des Umweltbundesamtes. Erich Schmidt Verlag Berlin.
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 26 (2001): Maximale- Immissionswerte für Fluoride zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 30 (2005): Maximale- Immissionswerte für Nickel zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 31 (2005): Maximale- Immissionswerte für Zink zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 28 (1996): Maximale- Immissionswerte für Cadmium zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 33 (1996): Maximale- Immissionswerte für Quecksilber in organischer Bindungsform zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 27 (1998): Maximale- Immissionswerte für Blei zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 29 (2000): Maximale- Immissionswerte für Thallium zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf
- VDI-Richtlinie 2310 Blatt 34 (1996): Maximale- Immissionswerte für Vanadium zum Schutz der landw. Nutztiere. VDI Verlag Düsseldorf

VDI-Richtlinie 3957, Blatt 10 (Entwurf, 2002): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation).

Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikation. VDI Verlag Düsseldorf

VDI-Richtlinie 3957, Blatt 1 (1999): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Grundlagen und Zielsetzung. VDI Verlag Düsseldorf

VDI-Richtlinie 3957, Blatt 2 (2003): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Verfahren der standardisierten Graskultur. VDI Verlag Düsseldorf

6. Anhang

6.1 Anorganische Parameter - Einzelergebnisse

Messperiode	Standort	in der Trockensubstanz											
		Co mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Tl mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	V mg/kg	Sb mg/kg	F mg/kg	Hg µg/kg
1	Wopfung Dorf	<0,02	0,16	0,035	0,08	0,16	0,83	10	48	<0,1	<0,03	<2	9
1	Bahnstraße	0,07	0,28	0,042	0,08	0,19	1,01	9	32	0,1	<0,03	<2	8
1	Feldgasse	0,02	0,56	0,046	0,09	0,36	0,97	9	34	0,1	<0,03	11	13
2	Wopfung Dorf	0,10	0,34	0,058	<0,07	0,33	1,20	7	39	0,1	<0,03	2	14
2	Bahnstraße	0,10	0,71	0,102	<0,07	0,29	1,23	6	41	0,1	<0,03	4	12
2	Feldgasse	0,09	1,26	0,096	<0,07	0,55	1,39	7	48	0,2	0,03	21	12
3	Wopfung Dorf	0,05	0,69	0,098	<0,07	0,31	1,18	4	33	0,1	<0,03	5	17
3	Bahnstraße	0,06	1,09	0,097	<0,07	0,25	1,51	5	38	0,2	<0,03	5	16
3	Feldgasse	0,02	0,60	0,058	<0,07	0,24	0,96	7	52	0,1	<0,03	14	17
4	Wopfung Dorf	0,14	0,13	0,015	<0,07	0,19	0,84	10	63	0,1	<0,03	1	13
4	Bahnstraße	0,07	0,16	0,016	<0,07	0,24	0,46	5	36	0,1	<0,03	3	15
4	Feldgasse	0,10	0,22	0,015	<0,07	0,29	0,80	11	73	0,1	<0,03	10	19
5	Wopfung Dorf	0,12	0,36	0,028	<0,07	0,61	0,97	7	50	0,2	<0,03	5	19
5	Bahnstraße	0,14	0,35	0,032	<0,07	0,48	1,18	10	68	0,2	0,03	5	12
5	Feldgasse	0,22	0,42	0,025	<0,07	0,67	1,22	9	68	0,2	0,03	20	13

Mediane	Wopfung Dorf	0,11	0,34	0,04	0,08	0,31	0,97	7,50	47,99	0,09	<0,03	3,19	14,44
	Bahnstraße	0,07	0,35	0,04	0,08	0,25	1,18	5,89	37,80	0,12	<0,03	4,29	12,10
	Feldgasse	0,09	0,56	0,05	0,09	0,36	0,97	8,62	51,50	0,14	<0,03	14,46	13,11

6.2 PAHs (Angaben in µg/kg FS)

(BaP = Benzo(a)pyren)

Messperiode	Standort	BaP	PAH 6	PAH 12
1	Wopfing Dorf	0,14	2,26	5,84
1	Bahnstraße	0,17	2,77	7,03
1	Feldgasse	0,11	1,75	4,01
2	Wopfing Dorf	0,09	0,87	2,52
2	Bahnstraße	0,43	5,04	12,56
2	Feldgasse	0,22	2,80	7,41
3	Wopfing Dorf	0,21	1,91	4,20
3	Bahnstraße	0,15	1,23	2,88
3	Feldgasse	0,14	1,37	3,32
4	Wopfing Dorf	0,08	0,83	2,05
4	Bahnstraße	0,10	1,28	2,99
4	Feldgasse	0,09	1,42	3,52
5	Wopfing Dorf	0,14	2,01	4,25
5	Bahnstraße	0,15	2,16	4,44
5	Feldgasse	0,13	1,86	4,41

Mediane

	BaP	PAH 6	PAH 12
Wopfing Dorf	0,14	1,91	4,20
Bahnstraße	0,15	2,16	4,44
Feldgasse	0,13	1,75	4,01

6.2 Lage der Standorte der standardisierten Graskultur ○
 Maßstab: 1 cm = ca. 120 m



