



# **Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Bottrop**

2019

## IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen  Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen  Recklinghausen (19.02.2020)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher <a href="mailto:katja.hombrecher@lanuv.nrw.de">katja.hombrecher@lanuv.nrw.de</a> 0201/7995 – 1186
Mitwirkende	Dr. Ralf Both, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina, Jürgen Schmidt (alle FB 31), Udo van Hauten (FB 32), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung)
Informationendienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • <a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a> Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext

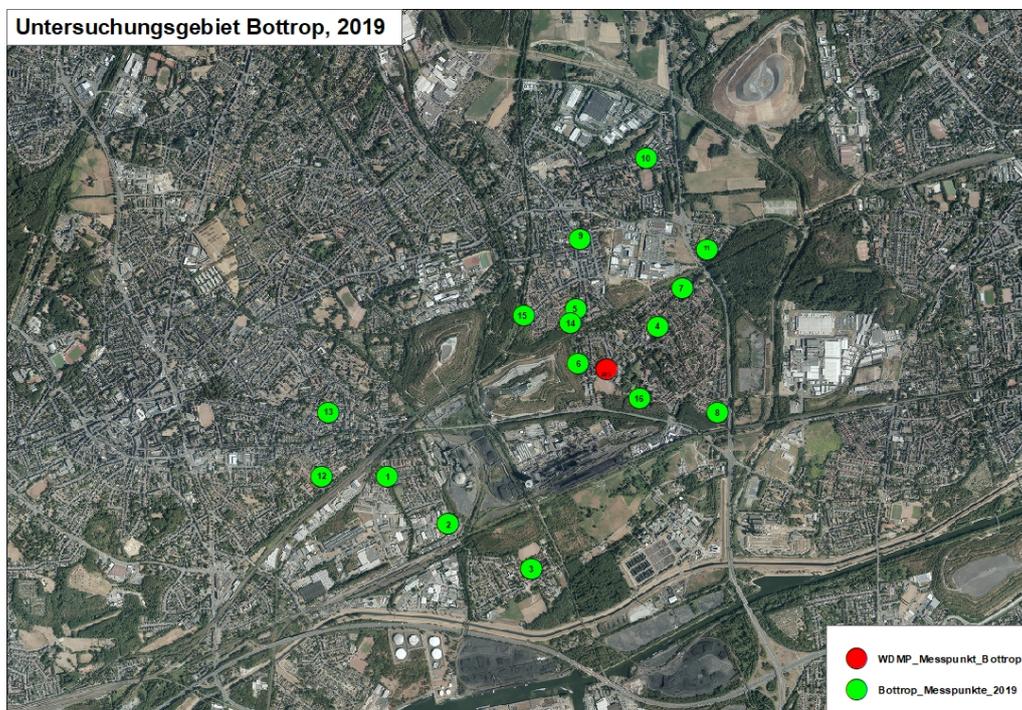
## Inhalt

1	Einleitung .....	4
2	Methodik .....	5
3	Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen .....	6
3.1	Grünkohlexposition in Pflanzcontainern.....	6
3.2	Räumliche Ausdehnung der Belastung .....	10
3.2	Grünkohlexposition im Standortboden.....	14
3.3	Untersuchung weiterer Bioindikatoren .....	15
3.4	Fazit der Pflanzenuntersuchungen .....	19
4	Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse .....	20
5	Zusammenfassung.....	25
6	Weiteres Vorgehen.....	26
7	Literatur .....	27

# 1 Einleitung

Im Umfeld der Kokerei Prosper der Fa. Arcelor Mittal in Bottrop wurden im Jahr 2018 in Grünkohlpflanzen an sieben von neun untersuchten Messpunkten immissionsbedingte Einträge an PAK ermittelt (s. LANUV-Untersuchungsbericht vom 12.04.2019). Die höchsten Gehalte wurden dabei nördlich der Kokerei gefunden. Diese Gehalte lagen bis etwa 20fach oberhalb der Orientierungswerte für den maximalen Hintergrundgehalt in NRW. Aufgrund der gesundheitlichen Bewertung der PAK-Gehalte in den Grünkohlpflanzen wurde von Seiten der Stadt Bottrop eine einschränkende Verzehrempfehlung ausgesprochen, die vorsorglich über den Bereich der letztjährigen Messungen hinausgeht.

Auf der Grundlage einer orientierenden Beprobung von Löwenzahn am 14.05.2019 wurde im Auftrag der Bezirksregierung Münster und in Abstimmung mit der Stadt Bottrop im Jahr 2019 das Messprogramm erweitert: Es wurden zu den bereits vorhandenen 9 Messpunkten 8 zusätzliche Messpunkte ausgewählt, an denen jeweils von August bis November 2019 Grünkohlpflanzen in Pflanzcontainern mit Einheitserde exponiert wurden (s. Abbildung 1). An zwei Messpunkten in einer Kleingartenanlage wurden zudem Grünkohlpflanzen in Gartenbeeten ebenfalls zwischen August und November 2019 exponiert. An zwei Messpunkten wurden zusätzlich andere Bioindikatoren (Löwenzahn, Mangold und Grünkohl) zwischen Mai und Oktober 2019 in Containern mit Einheitserde aufgestellt und alle vier Wochen geerntet und untersucht.



**Abbildung 1:** Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten der Grünkohlexposition 2019  
Im Folgenden werden die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse der Untersuchungen zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen aus dem Jahr 2019 und deren Bewertung detailliert dargestellt.

## 2 Methodik

In 16 Haus- bzw. Kleingärten wurde vom 13.08. bis zum 11.11.19 Grünkohl nach Standardverfahren in Containern exponiert. Grünkohl kann aufgrund seiner stark aufgliederten Blätter und der ausgeprägten Wachsschicht besonders gut fettlösliche (lipophile), organische Schadstoffe, wie PAK, akkumulieren. Die Messpunkte 1, 2, 12 und 13 befinden sich im Stadtteil Batenbrock westlich der Kokerei in der Steigerstraße, An der Knippenburg, in der Ludwig-Richter-Straße und in der Menzelstraße. Der Messpunkt 3 befindet sich südlich der Kokerei im Stadtteil Welheimer Mark in der Straße Am langen Damm. Die Messpunkte 4 – 11 sowie 14 – 16 befinden sich nördlich bzw. nordöstlich und damit in Hauptwindrichtung zur Kokerei im Stadtteil Welheim bzw. Boy in der Welheimer Straße, der Johannesstraße, in der Straße Kleinebrechtshof, in der Kraneburgstraße, Im Dorbusch, in der KGA Johannestal, in der Hebeleckstraße und in der Straße An der Kommende. Zusätzlich dazu wurde im Rahmen des Wirkungsdauermessprogrammes NRW auch an der Dauermessstation an der Welheimer Straße (WDMP-Messpunkt 203) Grünkohl exponiert (13.08. – 11.11.19), welcher in die Bewertung der Belastungssituation einfließt.

Pro Messpunkt wurde ein Pflanzcontainer aufgestellt, der mit Einheitserde (ED 73) gefüllt und durch Textildochte mit einer automatischen Wasserversorgung verbunden war, um die immissionsseitig (über die Luft) in die Pflanzen eingetragenen Schadstoffe zu ermitteln. Bei der Grünkohlexposition wurden pro Container 5 Pflanzen ausgebracht und nach einem Monat wurde die schwächste Pflanze entfernt. Die Pflanzen wurden nach 90 Tagen Expositionszeit geerntet und in Aluminiumboxen gekühlt zur Fa. Münster Analytical Solutions (mas) transportiert. Bei der Ernte wurden nur verzehrfähige Blätter entnommen. Durch die küchenfertige Aufarbeitung der Proben ergaben sich homogene Mischproben je Messpunkt. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich gewaschen, schockgefroren und anschließend gefriergetrocknet. Nach dem Vermahlen wurden die Pflanzenproben auf ihre Gehalte an 16 PAK nach EPA (Environmental Protection Agency der USA) untersucht. Die Gehalte folgender Stoffe bzw. die Summe der Gehalte mehrerer Stoffe wurden auf die Frischmasse zurückgerechnet und gesundheitlich bewertet: Benzo[a]pyren (BaP) sowie PAK 4 = Summe der Gehalte von BaP, Chrysen, Benzo[a]anthracen (BaA) und Benzo[b]fluoranthren (BbF).

Um den Eintragspfad über den Boden zu überprüfen, wurden an einem Messpunkt in der Kleingartenanlage Johannestal (MP 14a) auch Grünkohlpflanzen in einem Gartenbeet angepflanzt und ebenfalls vom 13.08. – 11.11.19 exponiert. Dabei wurde der Standortboden bei einem Teil des Beetes mit einer Vliesfolie abgedeckt, um eine Verschmutzung der Grünkohlpflanzen durch kontaminierte Erde zu verhindern. Nach der Ernte der verzehrfähigen Blätter erfolgte die Aufarbeitung und Analytik wie oben beschrieben.

Um über die Vegetationsperiode mehrere Werte zu erhalten und diese mit der jeweils vorherrschenden Windrichtung korrelieren zu können, wurden zusätzlich an den beiden Messpunkten 12 und 14 auch andere Bioindikationsverfahren mit Löwenzahn, Mangold und Grünkohl eingesetzt. Die Bioindikatoren wurden zwischen Mai und Oktober in Containern mit Einheitserde exponiert. In fünf Messperioden (28.05. – 27.06.19, 27.06. – 23.07.19, 23.07. – 19.08.19, 19.08. – 17.09.19, 17.09. – 14.10.19) wurden die Bioindikatoren Löwenzahn, Mangold und Grünkohl jeweils vier Wochen an den beiden Messpunkten exponiert.

Löwenzahn und Mangold wurden zu diesem Zweck in einem Container mit Einheitserde im Gewächshaus am LANUV in Essen vorgezogen und nach vier Wochen Exposition in Bottrop wurden jeweils alle Blätter geerntet und auf ihre PAK-Gehalte analysiert. Aus den noch vorhandenen Vegetationspolen entwickelten sich dann neue Blätter, die wiederum nach vier Wochen geerntet wurden. Auch die Grünkohlpflanzen wurden im Gewächshaus vorgezogen. Es wurden jeweils fünf Pflanzen in einen Container mit Einheitserde gepflanzt und vier Wochen exponiert. Anschließend wurden nur die älteren Blätter geerntet und auf ihre PAK-Gehalte analysiert. Die übrigen Blätter verblieben an der Pflanze. So wurde nach jeder Messperiode verfahren. Auch für vierwöchig exponierte Löwenzahn-, Mangold und Grünkohlpflanzen existieren Hintergrundwerte für NRW.

Die Windrichtungsverteilung im Expositionszeitraum wurde an der Dauermessstation an der Welheimer Straße (MP 203) erfasst.

### **3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen**

#### **3.1 Grünkohlexposition in Pflanzcontainern**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Grünkohlexposition in Pflanzcontainern von August bis November 2019 beschrieben und mit der Hintergrundbelastung in NRW verglichen. Die Werte der Hintergrundbelastung für die einzelnen Schadstoffe basieren auf einer Auswertung von Messdaten aus dem Wirkungsdauermessprogramm NRW [1]. Dargestellt wird jeweils der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in Grünkohl von 10 verschiedenen Hintergrundstationen aus dem 10-Jahreszeitraum von 2009 bis 2018 (95. Perzentil der Hintergrundbelastung). Messwerte, die abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens den OmH überschreiten, werden als Hinweis auf eine vorliegende Immissionsbelastung durch die untersuchte Substanz gewertet.

Die Summe der Gehalte der 16 PAK nach EPA ( $PAK_{gesamt}$ ) sowie die Gehalte an BaP, und der Summenwert PAK 4 in den Grünkohlpflanzen an den einzelnen Messpunkten werden in Tabelle 1 und in den Abbildungen 2 – 4 dargestellt.

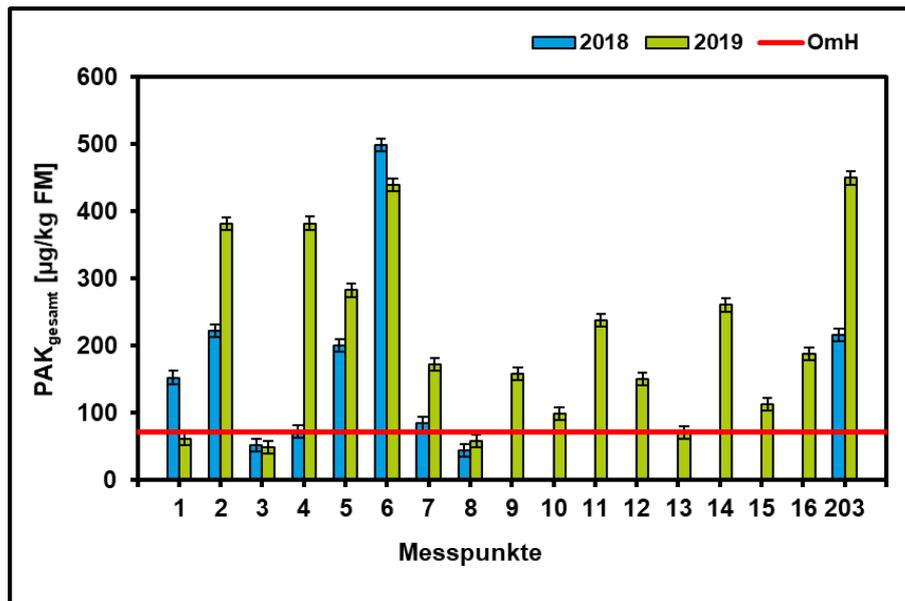
**Tabelle 1:** Gehalte an PAK<sub>gesamt</sub>, BaP sowie der Summenwert PAK 4 in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop in den Jahren 2018 und 2019; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [ $\mu\text{g}/\text{kg FM}$ ]

Messpunkte	PAK <sub>gesamt</sub> [ $\mu\text{g}/\text{kg FM}$ ]		BaP [ $\mu\text{g}/\text{kg FM}$ ]		PAK 4 [ $\mu\text{g}/\text{kg FM}$ ]	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
MP 1	150	62	0,62	0,67	17	11
MP 2	220	380	1,1	2,7	26	70
MP 3	52	50	0,26	0,27	8,6	5,9
MP 4	72	380	0,47	2,7	13	65
MP 5	200	280	1,8	1,6	57	40
MP 6	500	440	3,5	6,9	130	120
MP 7	84	170	0,90	1,2	18	34
MP 8	44	59	0,36	0,27	8,2	6,9
MP 9	-	160	-	1,5	-	41
MP 10	-	99	-	0,79	-	20
MP 11	-	240	-	1,9	-	40
MP 12	-	150	-	0,68	-	9,4
MP 13	-	71	-	0,36	-	7,3
MP 14	-	260	-	1,8	-	52
MP 15	-	110	-	0,68	-	15
MP 16	-	190	-	1,7	-	34
WDMP 203	220	450	1,1	4,9	36	55
OmH NRW	71	71	0,35	0,35	6,0	6,0

Die **PAK<sub>gesamt</sub>-Gehalte** der zwischen August und November 2019 in Bottrop exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in der Frischmasse (= FM) am Messpunkt 3 und 450  $\mu\text{g}/\text{kg FM}$  am WDMP-Messpunkt 203 (s. Tabelle 1 und Abbildung 2). Es wurden also ähnlich hohe Werte wie 2018 gemessen, wobei es je nach Messpunkt auch deutliche Unterschiede der Messwerte zwischen den beiden Untersuchungsjahren gibt.

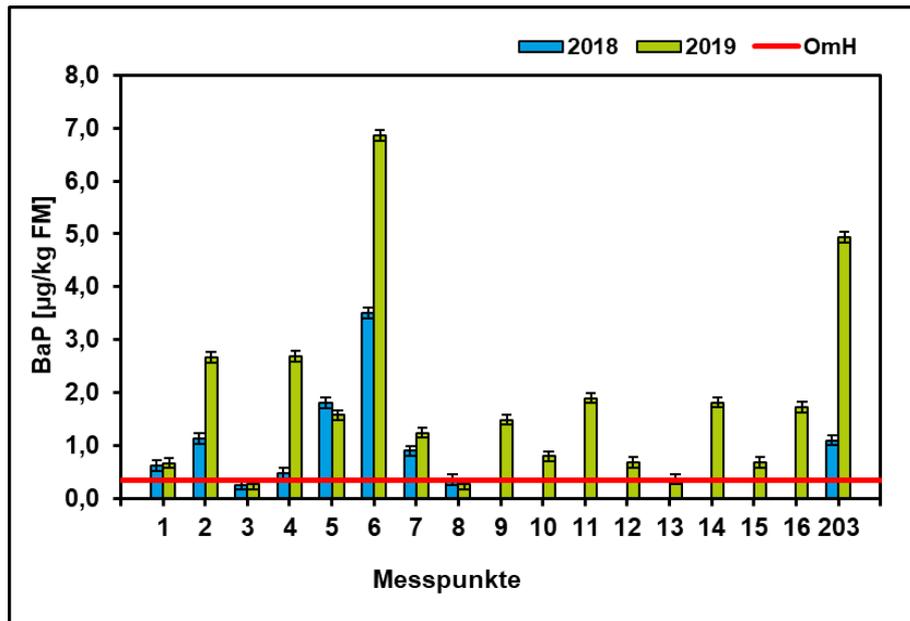
Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW beträgt 71  $\mu\text{g}/\text{kg FM}$ . Am Messpunkt 1 an der Steigerstraße, am Messpunkt 3 südlich der Kokerei im Stadtteil Welheimer Mark, am Messpunkt 8 in der Straße Kleinbrechtshof östlich der Kokerei und am Messpunkt 13 im Stadtteil Batenbrock wurden demnach PAK<sub>gesamt</sub>-Gehalte im Bereich der Hintergrundbelastung von NRW gemessen. Dagegen wurde an den anderen Messpunkten der OmH teilweise sehr deutlich überschritten. Die höchsten Belastungen wurden an den Messpunkten 6 und 203 (WDMP) ermittelt, die nordöstlich der Kokerei liegen. An den Messpunkten, die davon weiter nördlich (MP 14, MP 5, MP 9, MP 10) bzw. weiter nordöstlich

(MP 4, MP 7 und MP 11) liegen, wurden ebenfalls deutlich gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Gehalte ermittelt. Mit zunehmendem Abstand zur Kokerei werden die ermittelten Gehalte niedriger. Eine Ausnahme bildet der MP 11. Dort wurden die Grünkohlpflanzen allerdings während der Expositionszeit mit einer öligen Flüssigkeit kontaminiert, was möglicherweise zu einer etwas höheren Belastung beigetragen hat. Nördlich der Halde am Messpunkt 15 wurden deutlich niedrigere Gehalte ermittelt, ebenso am Messpunkt 8 am südlichen Ende von Welheim. Im Stadtteil Batenbrock westlich der Kokerei wurde am Messpunkt 2 auch ein deutlich erhöhter  $\text{PAK}_{\text{gesamt}}$ -Gehalt in den Grünkohl-Pflanzen ermittelt.



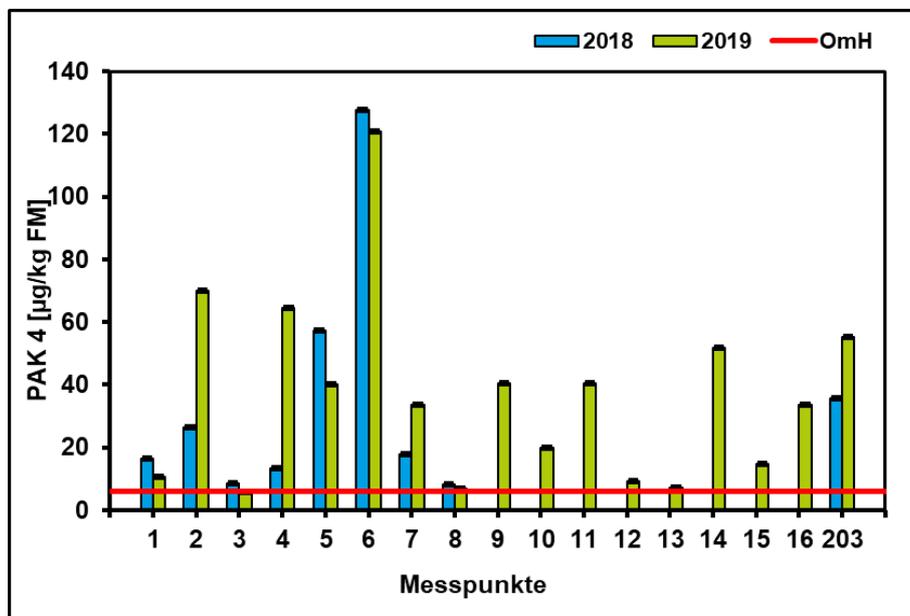
**Abbildung 2:**  $\text{PAK}_{\text{gesamt}}$ -Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit (2018 und 2019); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2009 – 2018)

Die **BaP-Gehalte** der zwischen August und November 2019 in Bottrop exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen  $0,27 \mu\text{g/kg FM}$  an den Messpunkten 3 und 8 und  $6,9 \mu\text{g/kg FM}$  am Messpunkt 6 (s. Tabelle 1 und Abbildung 3). Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) beträgt für BaP  $0,35 \mu\text{g/kg FM}$ . Unter Berücksichtigung der Standardunsicherheit des Verfahrens von  $0,099 \mu\text{g/kg FM}$  wird dieser an den Messpunkten 3, 8 und 13 unterschritten. An den anderen Messpunkten wird der OmH, teilweise deutlich, überschritten. Am Messpunkt 6 wird, wie auch im Jahr 2018, der höchste BaP-Gehalt des Untersuchungsprogramms ermittelt, am WDMP-Messpunkt 203 der zweithöchste. Die im Jahr 2019 ermittelten BaP-Gehalte waren an einigen Messpunkten (MP 2, 4, 6 und 203) deutlich höher als 2018.



**Abbildung 3:** BaP-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit (2018 und 2019); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2009 – 2018)

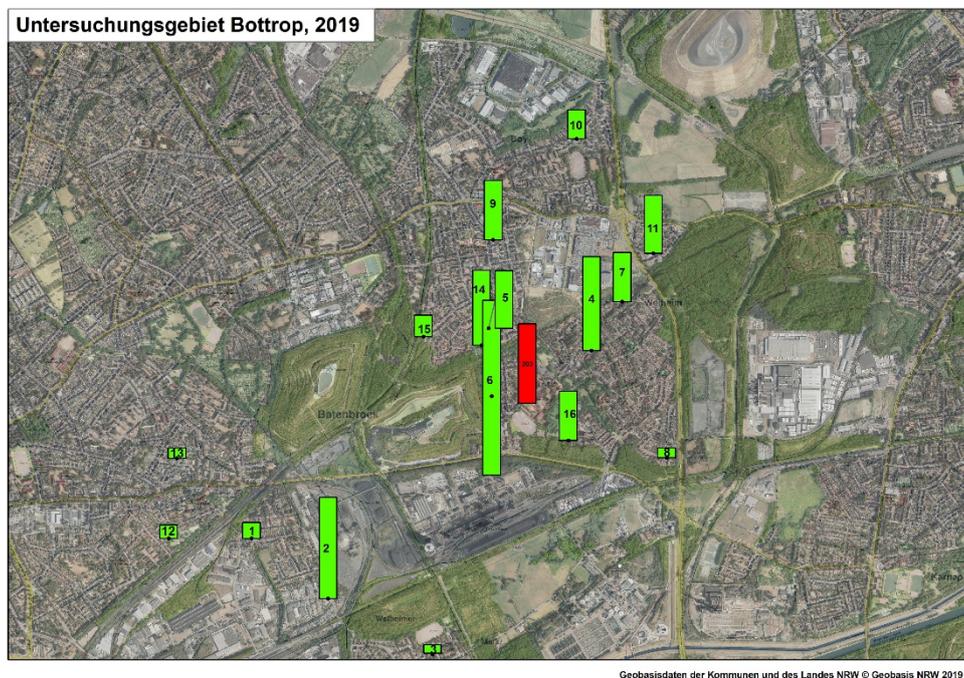
Der Summenwert **PAK 4** der Grünkohlpflanzen betrug zwischen 5,9 µg/kg FM am Messpunkt 3 und 120 µg/kg FM am Messpunkt 6 (s. Tabelle 1 und Abbildung 4). Der OmH für NRW beträgt 6,0 µg/kg FM und wird unter Berücksichtigung der Standardunsicherheit des Verfahrens von 0,72 µg/kg FM nur am Messpunkt 3 unterschritten und an allen anderen Messpunkten in Bottrop, teilweise deutlich, überschritten.



**Abbildung 4:** PAK 4-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit (2018 und 2019); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2009 – 2018)

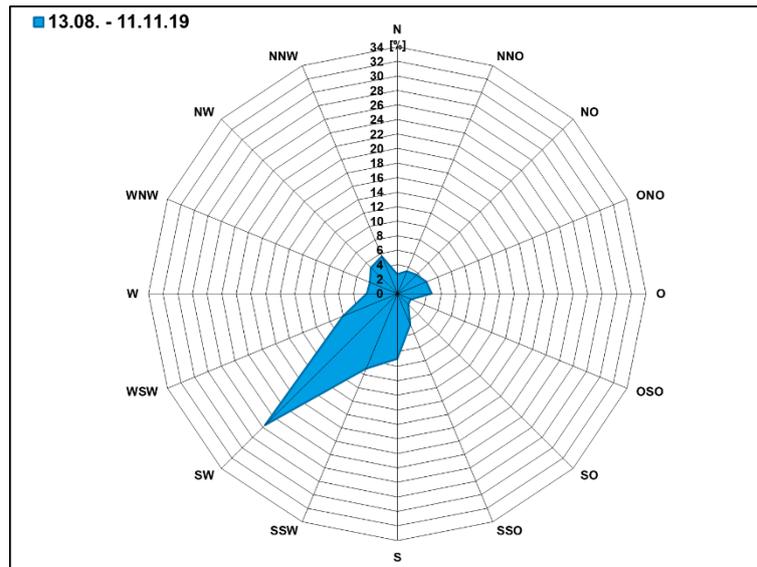
### 3.2 Räumliche Ausdehnung der Belastung

Betrachtet man die PAK 4-Gehalte in den untersuchten Grünkohlpflanzen in ihrer räumlichen Lage (s. Abbildung 5), ist zu erkennen, dass sehr hohe Werte nördlich bzw. nordöstlich (Messpunkte 6, 4, 203 und 14) der Kokerei im Stadtteil Welheim ermittelt wurden. Es ist ein Gradient abnehmender Gehalte nach Norden hin zu verzeichnen, wobei auch noch der Gehalt am nördlichsten Messpunkt 10 mit 20 µg/kg FM den OmH von 6,0 mg/kg FM um mehr als den Faktor 3 übersteigt. Der PAK 4-Gehalt am Messpunkt 8 im Süden des Stadtteils Welheim war, wie auch schon im Jahr 2018, vergleichsweise niedrig. Ebenso wurde nördlich der Halde am Messpunkt 15 ein deutlich niedriger Gehalt ermittelt. Im Stadtteil Batenbrock westlich bis südwestlich der Kokerei wurden an drei Messpunkten vergleichsweise niedrige PAK 4-Gehalte ermittelt (Messpunkte 1, 12 und 13). Am Messpunkt 2 allerdings wurde 2019 der zweithöchste Gehalt des Untersuchungsprogramms erreicht. Im Stadtteil Welheimer Mark südlich der Kokerei (Messpunkt 3) wurden erneut niedrige Gehalte im Bereich der Hintergrundbelastung ermittelt.



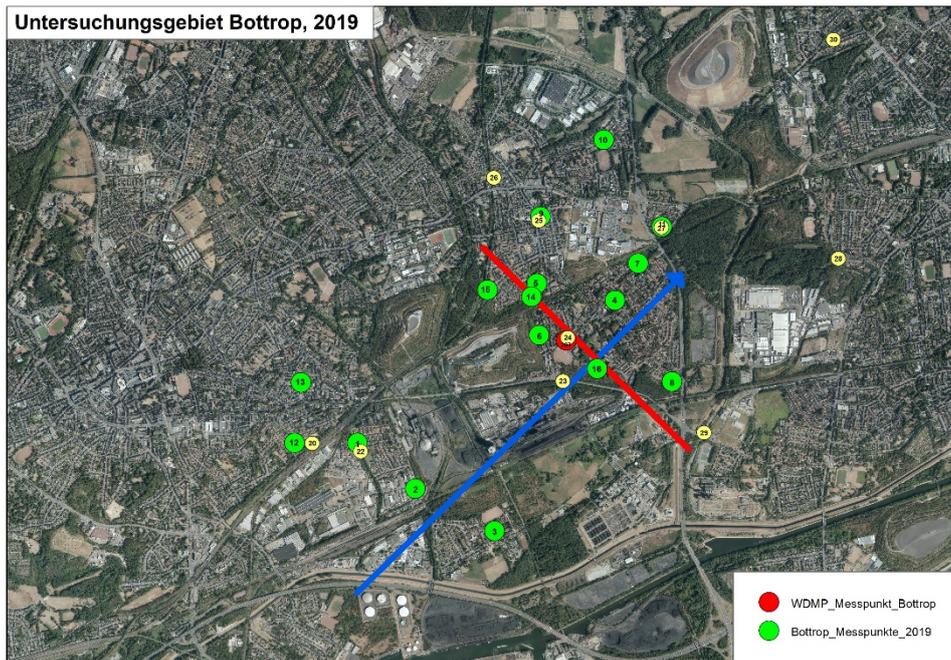
**Abbildung 5:** PAK 4-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop 2019 [µg/kg FM]

Die Windrichtungsverteilung während der Expositionszeit der Grünkohlpflanzen (s. Abbildung 6) zeigt als Hauptwindrichtung Südwest an (26 %) mit geringeren Anteilen an Wind aus Südsüdwest (11 %) und Süd (9 %) sowie Westsüdwest (8 %). Alle anderen Windrichtungsanteile waren deutlich geringer.



**Abbildung 6:** Windrichtungsverteilung in Bottrop während der Grünkohlexposition

Zur Identifikation der möglichen Quelle der PAK-Belastung wurden im Stadtteil Welheim Grünkohlpflanzen entlang eines Transekts von Nordwest nach Südost senkrecht zur Achse der Hauptwindrichtung im Einflussbereich der Kokerei exponiert: Messpunkte 15, 14, 6, 203, 16 und 8 (s. Abbildung 7).



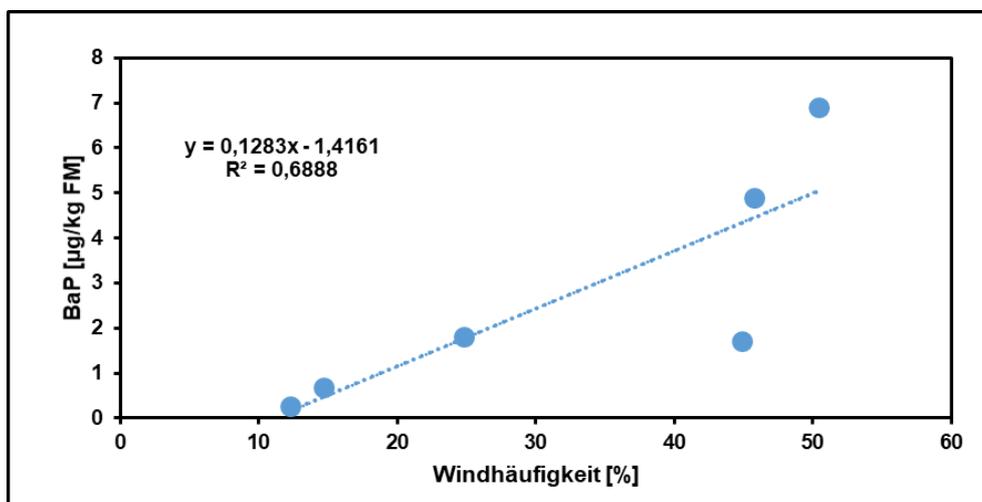
**Abbildung 7:** Messpunkte auf dem Transekt nordöstlich der Kokerei

Für jeden Messpunkt dieses Transekts wird bestimmt, aus welcher Windrichtung dieser durch Wind und damit potentiell durch Emissionen aus dem Bereich der Kokerei beaufschlagt wird (s. Tabelle 2). Der Messpunkt 6 beispielsweise wird potentiell durch Emissionen der Kokerei beaufschlagt, wenn der Wind aus den Windrichtungen Südwest, Südsüdwest, Süd und Südsüdost kommt; der Messpunkt 15 dagegen, wenn der Wind aus den Windrichtungen Süd, Südsüdost und Südost kommt.

**Tabelle 2:** Prozentualer Windanteil aus Richtung der Kokerei an den Messpunkten

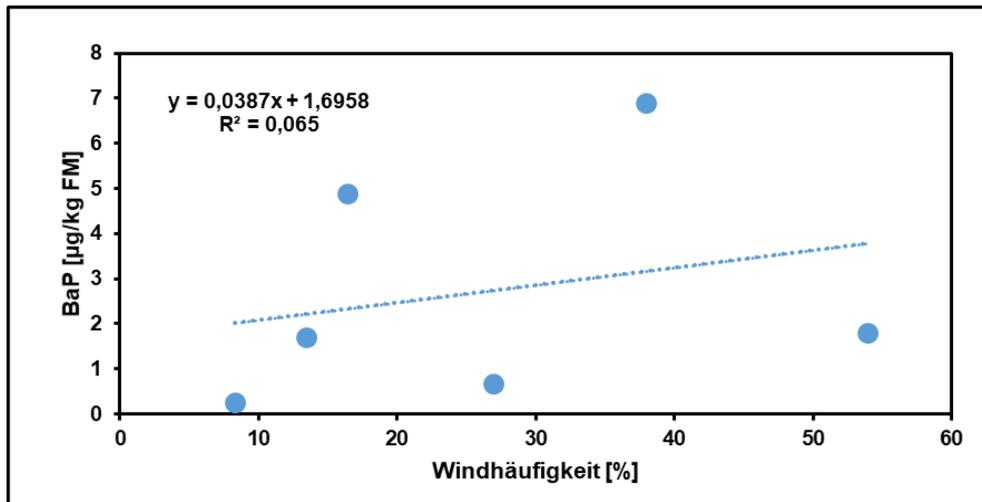
Messpunkte	Wind aus Kokerei	Windanteil aus Kokerei	Wind aus Halde	Windanteil aus Halde
MP 15	S/SSO/SO	16%	SSW/S/SSO/SO	27%
MP 14	SSW/S/SSO	25%	WSW/SW/SSW/S	54%
MP 6	SW/SSW/S/SSO	50%	W/WSW/SW	38%
WDMP 203	SW/SSW/S	46%	WNW/W/WSW	16%
MP 16	WSW/SW/SSW	45%	NW/WNW/W	13%
MP 8	W/WSW	12%	WNW/W	8%

Da bekannt ist, welcher prozentualer Windanteil im Expositionszeitraum aus den aufgeführten Windrichtungen kam, können für jeden Punkt die Windhäufigkeiten mit Wind aus der Kokerei berechnet werden. Trägt man diese gegen die BaP-Gehalte in den Grünkohlpflanzen auf, ergibt sich eine deutliche Korrelation (s. Abbildung 8). Das bedeutet, die BaP-Gehalte in den Pflanzen sind umso höher, umso mehr Wind sie aus der Richtung der Kokerei abbekommen haben. Eine entsprechende Korrelation findet man auch für die PAK 4-Gehalte (ohne Abbildung).



**Abbildung 8:** BaP-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten 15, 14, 6, 203, 16 und 8 auf dem Transekt nordöstlich der Kokerei in Bottrop [µg/kg FM] in Abhängigkeit von der Windhäufigkeit aus Richtung der Kokerei [%]

Da es zu überprüfen galt, ob Abwehungen durch Aktivitäten auf der Halde Prosperstraße die Ursache für die erhöhten Belastungen in den Grünkohlpflanzen darstellen könnten, wurde das Verfahren ebenfalls für Wind aus Richtung der Halde angewendet (s. Tabelle 2 und Abbildung 9). Hier zeigt sich keine Korrelation. Es ist also auszuschließen, dass Abwehungen der Halde maßgeblich zu den erhöhten PAK-Gehalten in den Grünkohlpflanzen beigetragen haben.

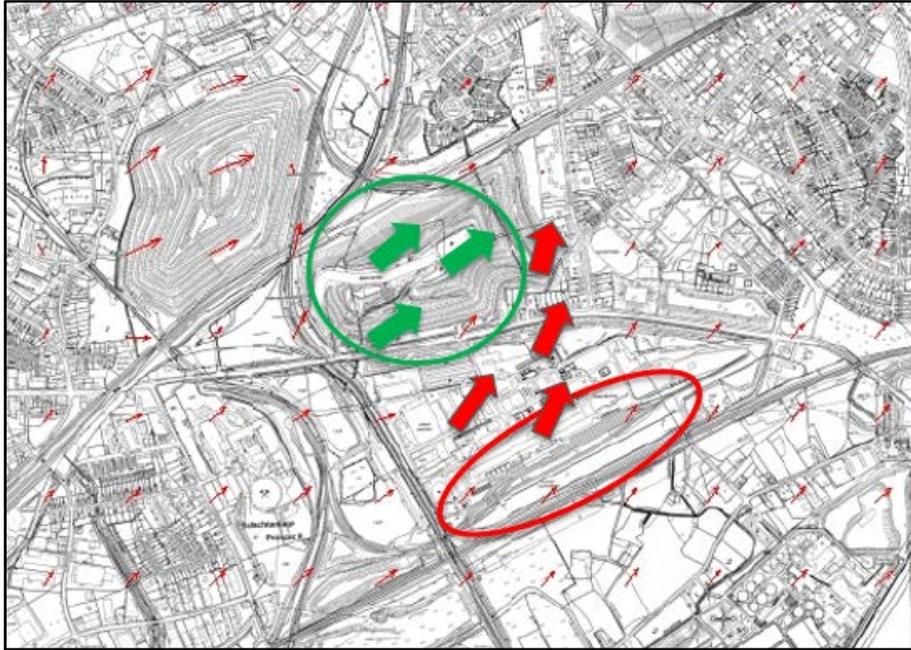


**Abbildung 9:** BaP-Gehalte in Grünkohl an den Messpunkten 15, 14, 6, 203, 16 und 8 auf dem Transekt nordöstlich der Kokerei in Bottrop [µg/kg FM] in Abhängigkeit von der Windhäufigkeit aus Richtung der Halde [%]

Anhand dieser Untersuchungen ist davon auszugehen, dass die Hauptquelle der in Bottrop stark gegenüber dem Hintergrund erhöhten PAK-Gehalten in Nahrungspflanzen die Kokerei ist.

Trotzdem kann es aber sein, dass an einzelnen Messpunkten auch weitere PAK-Quellen, wie beispielsweise Immissionen durch Straßenverkehr oder die Verunreinigung der untersuchten Pflanzen (z. B. Kontamination mit ölicher Substanz am Messpunkt 11) zu höheren Werten und damit auch zu unterschiedlichen Gehalten an benachbarten Messpunkten geführt haben.

Das in den Untersuchungen an Nahrungspflanzen 2018 und 2019 ermittelte Immissionsmaximum liegt etwas weiter nördlich als die Windrichtung zunächst anzeigen würde. Ursächlich dafür ist offensichtlich ein Effekt der Halde Prosperstraße auf die Windströmung, wie in Abbildung 10 dargestellt. Demnach wird aufgrund der Geländetopographie Wind aus Richtung der Kokerei nach Norden abgelenkt und in die Bereiche östlich und nordöstlich der Halde transportiert. Es erfolgt eine Aufkonzentration der luftgetragenen Schadstoffe an der Lee-Seite der Halde.



**Abbildung 10:** Berechnung der Windausbreitung durch Geländemodellierung, Wind aus dem Bereich der Kokerei rot, aus dem Bereich der Halde grün

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es im Jahr 2019 (August – November) im Untersuchungsgebiet in Bottrop an 13 von 17 Messpunkten deutliche immissionsbedingte Einträge von  $PAK_{\text{gesamt}}$  in die untersuchten Grünkohlpflanzen gegeben hat. An drei weiteren Messpunkten waren die Gehalte der gesundheitlich zu bewertenden PAK 4 ebenfalls gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht. Betrachtungen zur Windverteilung während des Untersuchungszeitraumes ergaben, dass die Hauptquelle dieser Belastungen die Kokerei darstellt.

### 3.2 Grünkohlexposition im Standortboden

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Grünkohlexposition im Standortboden an einem Messpunkt in der Kleingartenanlage Johannestal (MP 14a) dargestellt.

Der Standortboden einiger Parzellen der Kleingartenanlage wurde im Jahr 2019 im Auftrag der Stadt Bottrop auf die Gehalte an PAK untersucht. Während der größte Teil der untersuchten Bodenproben niedrige BaP-Gehalte aufwies, zeigte der Boden der Gartenparzelle 8 (MP 14a) einen Gehalt von 1,7 mg/kg in einer Bodentiefe von 0 – 2 cm und einen Gehalt von 1,5 mg/kg in einer Bodentiefe von 2 – 30 cm. Die ermittelten Gehalte liegen oberhalb des 90. Perzentils für Ballungskerne in NRW von 1,4 mg/kg [2] und übersteigen den Prüfwert der Bundesbodenschutzverordnung für Nutzgärten und Äcker von 1 mg/kg [3]. Das heißt, es kann unter ungünstigen Bedingungen eine Gefährdung bezogen auf die Gehalte in angebauten Nutzpflanzen nicht ausgeschlossen werden. Laut Untersuchung der Stadt Bottrop sind die erhöhten BaP-Gehalte in dem untersuchten Boden nicht maßgeblich auf immissionsbedingte Einträge von PAK zurückzuführen, sondern auf das Einbringen kontaminierten Materials (abgelagerte Aschen, Schlacke, Bergematerial, Kohle, etc.).

Die Exposition der Grünkohlpflanzen erfolgte teilweise in offenem, teilweise in einem durch eine Vliesfolie abgedeckten Boden, die eine Kontamination der Grünkohlblätter mit dem belasteten Boden verhindern sollte.

Am Messpunkt 14a wurden bei Grünkohlpflanzen, die in belastetem Standortboden exponiert wurden (s. Tabelle 3) mit 440 µg/kg FM höhere Gehalte an PAK<sub>gesamt</sub> gemessen als im Container am MP 14 (260 µg/kg FM). Dabei waren die Gehalte höher, wenn der Boden nicht durch eine Folie abgedeckt war. Auch die BaP-Gehalte waren mit 2,1 bzw. 1,9 mg/kg FM am MP 14a etwas höher als am MP 14 im Container (1,8 µg/kg FM). Bei den PAK 4-Gehalten wiesen die Grünkohlpflanzen aus dem Container am MP 14 mit 52 µg/kg FM den höheren Wert auf. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Grünkohlpflanzen, die in belastetem Standortboden exponiert wurden, nur dann deutlich höhere Gehalte aufwiesen, wenn die Blätter dem Bodenkontakt bzw. Abwehungen des Bodens unmittelbar ausgesetzt sind. Ein Eintrag von PAK aus dem Boden geschieht demnach primär über den Verschmutzungspfad, also über die Kontamination der Blätter mit belastetem Boden.

**Tabelle 3:** Gehalte an PAK<sub>gesamt</sub>, BaP sowie der Summenwert PAK 4 in Grünkohl am Messpunkt 14a in Bottrop im Standortboden offen/ abgedeckt [µg/kg FM]

Messpunkt	PAK <sub>gesamt</sub> [µg/kg FM]		BaP [µg/kg FM]		PAK 4 [µg/kg FM]	
	offen	abgedeckt	offen	abgedeckt	offen	abgedeckt
MP 14a	440	300	2,1	1,9	49	38

### 3.3 Untersuchung weiterer Bioindikatoren

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Exposition weiterer Bioindikationsverfahren (Löwenzahn, Mangold und Grünkohl) von Mai bis Oktober 2019 beschrieben und mit der Windrichtungshäufigkeit in der jeweils untersuchten Messperiode korreliert.

Diese Messungen fanden sowohl am Messpunkt 14 in einem Kleingarten in der KGA Johannestal ca. 1 km nördlich der Kokerei als auch am Messpunkt 12 in einem Hausgarten in der Ludwig-Richter-Straße ca. 2 km westlich der Kokerei statt. Der Messpunkt 14 wird bei Wind aus den Windrichtungen Südsüdwest (SSW), Süd (S) und Südsüdost (SSO) potentiell von Immissionen aus der Kokerei beaufschlagt; der Messpunkt 12 bei Wind aus den Windrichtungen Ostsüdost (OSO), Ost (O) und Ostnordost (ONO). Es wurden die Windrichtungshäufigkeiten (Stundenwerte) an der WDMP-Messstation 203 gemessen (s. Abbildung 10) und die prozentualen Windanteile aus Richtung der Kokerei in den einzelnen Messperioden an den Messpunkten 12 und 14 berechnet (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Prozentualer Windanteil aus Richtung der Kokerei in den Messperioden

Messpunkte	Wind aus Kokerei	28.05. – 27.06.2019	27.06. – 23.07.2019	23.07. – 19.08.2019	19.08. – 17.09.2019	17.09. – 14.10.2019
MP 12	OSO/O/ONO	14%	11%	12%	6,5%	13%

<b>MP 14</b>	SSW/S/SSO	18%	4,3%	14%	7,6%	23%
--------------	-----------	-----	------	-----	------	-----

In den fünf Messperioden wurden die Bioindikatoren Löwenzahn, Mangold und Grünkohl jeweils vier Wochen an den beiden Messpunkten exponiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 5 und in der Abbildung 11 aufgetragen.

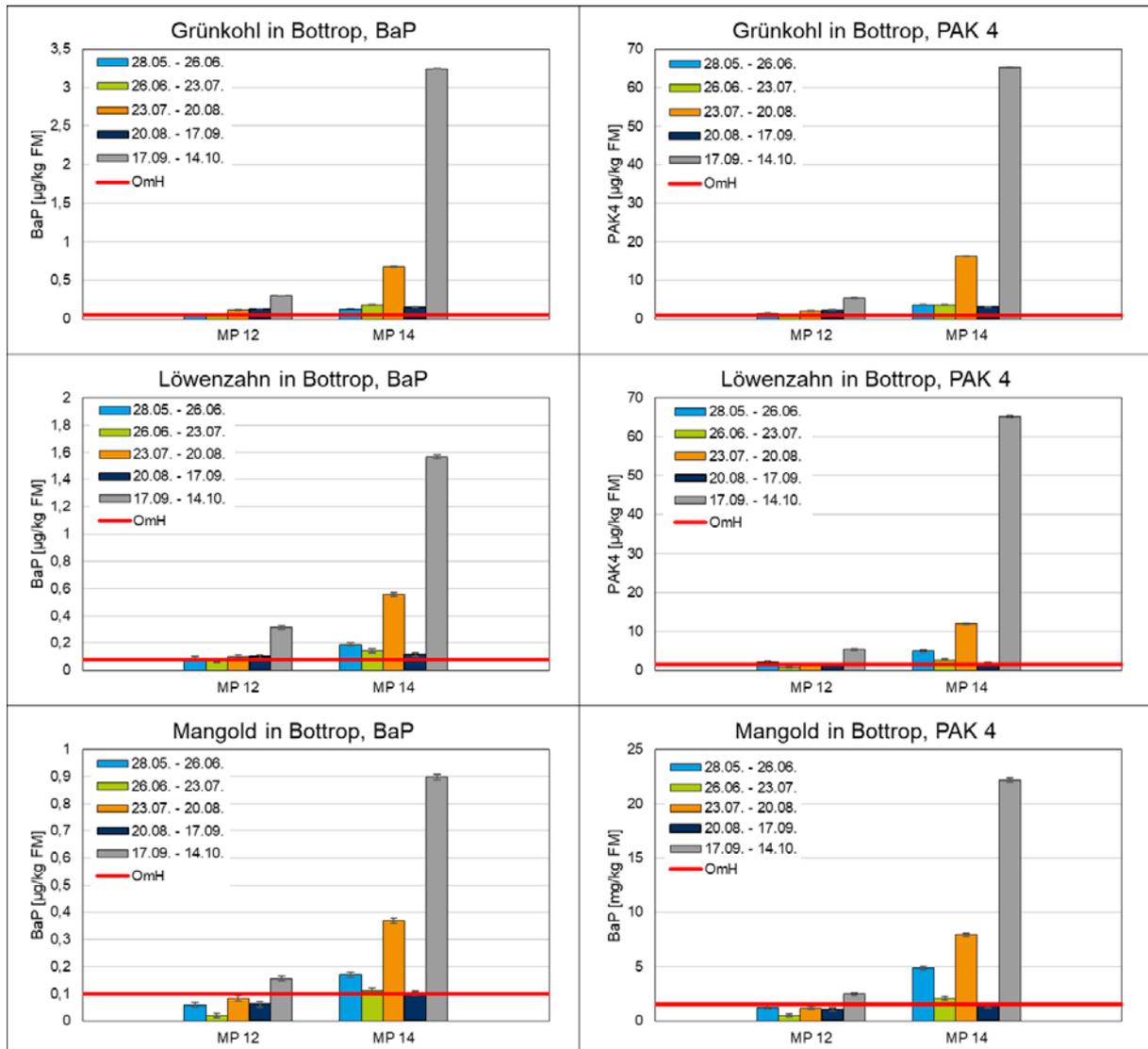
Die BaP-Gehalte in den jeweils nach vier Wochen geernteten **Grünkohlblättern** betragen zwischen 0,066 und 3,2 µg/kg FM und überstiegen damit an beiden Messpunkten den OmH für NRW von 0,056 µg/kg FM. Am Messpunkt 14 waren die BaP-Gehalte jeweils höher als am Messpunkt 12. Der Summenwert PAK 4 lag zwischen 0,97 und 65 µg/kg FM und überstieg demnach an beiden Messpunkten, bis auf eine Ausnahme, den OmH für NRW. Auch hier wurden am Messpunkt 14 deutlich höhere Werte erreicht als am Messpunkt 12. Die Werte der fünften Messperiode sind an beiden Messpunkten deutlich höher als die Werte der anderen Messperioden.

Die BaP-Gehalte in den jeweils nach vier Wochen geernteten **Löwenzahnblättern** betragen zwischen 0,072 und 1,6 µg/kg FM und überstiegen damit an beiden Messpunkten, bis auf eine Ausnahme, den OmH für NRW von 0,079 µg/kg FM. Der Summenwert PAK 4 lag zwischen 0,79 und 38 µg/kg FM und überstieg demnach an beiden Messpunkten, bis auf eine Ausnahme, den OmH für NRW. Die BaP- und PAK 4-Gehalte waren am Messpunkt 14 deutlich höher als am Messpunkt 12.

Die BaP-Gehalte in den jeweils nach vier Wochen geernteten **Mangoldblättern** betragen zwischen 0,020 und 0,9 µg/kg FM und überstiegen am Messpunkt 12 den OmH von 0,10 µg/kg FM nur in der fünften Messperiode; am Messpunkt 14 überstiegen sie den OmH in vier von fünf Messperioden. Der Summenwert PAK 4 lag zwischen 0,50 und 22 µg/kg FM und überstieg am Messpunkt 12 den OmH nur in der fünften Messperiode, am Messpunkt 14 in allen Messperioden.

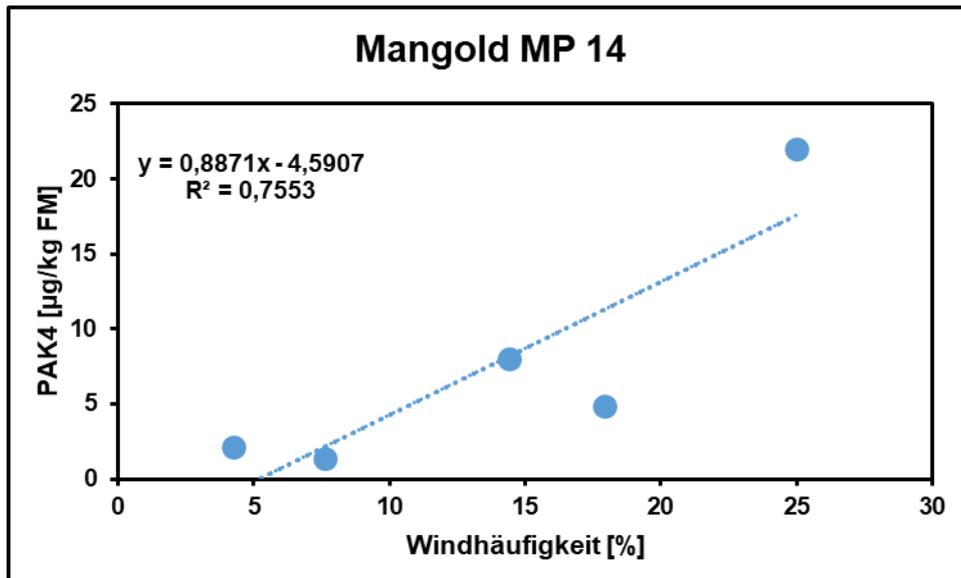
**Tabelle 5:** Gehalte an BaP sowie der Summenwert PAK 4 in Grünkohl an den Messpunkten 12 und 14 in Bottrop in den jeweiligen Messperioden 2019; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [ $\mu\text{g}/\text{kg}$  FM]

	BaP [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM]		PAK 4 [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM]	
	MP 12	MP 14	MP 12	MP 14
<b>Grünkohl</b>				
28.05. - 26.06.2019	0,066	0,13	1,4	3,8
26.06. – 23.07.2019	0,066	0,18	0,97	3,8
23.07. – 20.08.2019	0,12	0,67	2,0	16
20.08. – 17.09.2019	0,13	0,15	2,3	3,2
17.09. – 14.10.2019	0,30	3,2	5,4	65
<b>OmH NRW</b>	0,056	0,056	0,98	0,98
<b>Löwenzahn</b>				
28.05. - 26.06.2019	0,090	0,19	2,1	5,0
26.06. – 23.07.2019	0,072	0,15	0,79	2,7
23.07. – 20.08.2019	0,10	0,55	1,5	12
20.08. – 17.09.2019	0,10	0,12	1,5	1,8
17.09. – 14.10.2019	0,32	1,6	4,6	38
<b>OmH NRW</b>	0,079	0,079	1,4	1,4
<b>Mangold</b>				
28.05. - 26.06.2019	0,059	0,17	1,3	4,9
26.06. – 23.07.2019	0,020	0,11	0,50	2,1
23.07. – 20.08.2019	0,084	0,37	1,2	8,0
20.08. – 17.09.2019	0,062	0,10	1,1	1,4
17.09. – 14.10.2019	0,16	0,90	2,5	22
<b>OmH NRW</b>	0,10	0,10	1,5	1,5



**Abbildung 11:** BaP- und PAK 4-Gehalte in den Bioindikatoren Grünkohl, Löwenzahn und Mangold an den Messpunkten 12 und 14 in Bottrop in den jeweiligen Messperioden, Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) für NRW [ $\mu\text{g/kg FM}$ ]

Korreliert man den prozentualen Anteil des Windes aus dem Bereich der Kokerei (s. Tabelle 4) mit den in den Bioindikatoren ermittelten Werten, so ergibt sich für den Messpunkt 14 ein deutlicher Zusammenhang (s. Abbildung 12, exemplarisch für Mangold). Das bedeutet, dass immer dann hohe Werte in den Bioindikatoren ermittelt wurden, wenn der Wind aus der Richtung der Kokerei kam. Dieser Zusammenhang ist für den Messpunkt 12 nicht zu sehen.



**Abbildung 12:** PAK 4-Gehalt in Mangold am Messpunkt 14 in Bottrop [µg/kg FM] in Abhängigkeit von der Windhäufigkeit aus Richtung der Kokerei [%]

### 3.4 Fazit der Pflanzenuntersuchungen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es im Jahr 2019 (August – November) im Untersuchungsgebiet in Bottrop an 13 von 17 Messpunkten deutliche immissionsbedingte Einträge von PAK<sub>gesamt</sub> in die untersuchten Grünkohlpflanzen gegeben hat. An drei weiteren Messpunkten waren die Gehalte der gesundheitlich zu bewertenden PAK 4 ebenfalls gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht.

Durch die Auswertung der räumlichen Verteilung der Belastung und durch die Korrelation der Pflanzengehalte mit dem Anteil des Windes aus Richtung der Kokerei konnte sowohl für die zwischen August und November exponierten Grünkohlpflanzen als auch für die jeweils vierwöchig exponierten Bioindikatoren gezeigt werden, dass die Kokerei die Hauptquelle der PAK-Belastungen darstellt.

Es ist auch davon auszugehen, dass Grünkohlpflanzen, die in belastetem Standortboden exponiert wurden, nur dann deutlich höhere Gehalte aufweisen als Pflanzen in unbelastetem Boden, wenn die Blätter dem Boden bzw. Abwehungen des Bodens unmittelbar ausgesetzt sind. Ein Eintrag von PAK aus dem Boden geschieht demnach über den Verschmutzungspfad, also über die Kontamination der Blätter mit belastetem Boden.

## 4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall werden wie bisher als Konvention bei der Berechnung 250 g Grünkohl pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse - zu Grunde gelegt. Außerdem wird angenommen, dass das durchschnittliche Körpergewicht (KG) einer Erwachsenen bzw. eines Erwachsenen 70 kg beträgt.

### Erläuterungen zu den Bewertungskriterien

Bei den hier zu bewertenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen BaP (Benzo[a]pyren) und PAK 4 (Summe der Konzentrationen von Benzo[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen) handelt es sich um Substanzen, die mit großer Wahrscheinlichkeit für den Menschen genotoxisch und kanzerogen sind und keinen Schwellenwert haben. Für solche Substanzen kann per Definition keine Dosis ohne theoretisches Krebsrisiko abgeleitet werden. Hilfsweise kann zur Abschätzung des potentiellen Risikos von genotoxisch und kanzerogen wirkenden Substanzen nach Ansicht des Wissenschaftlichen Ausschusses der EFSA (Europäische Lebensmittelbehörde) ein „Margin of Exposure“ (MOE) berechnet werden [4]. Der MOE ergibt sich dabei aus einer kanzerogenen Effektdosis (hier BMDL<sub>10</sub>), abgeleitet aus der Dosis-Wirkungskurve im Tierversuch, im Verhältnis zu der menschlichen Exposition. Ein MOE von 10.000 (hier basierend auf einer BMDL<sub>10</sub>) oder darüber wird für genotoxische Substanzen als gesundheitlich wenig bedenklich angesehen [4; 5].

Für Benzo[a]pyren und PAK 4 hat die Europäische Lebensmittelbehörde auf der Grundlage der kanzerogenen Wirkung jeweils sog. BMDL<sub>10</sub> (= untere Grenze des Vertrauensbereiches für ein zusätzliches Risiko (Extra Risk) von 10 %) berechnet. Diese BMDL<sub>10</sub> entsprechen den niedrigsten statistisch signifikanten Werten jeweils für einen Anstieg der Inzidenz des relevanten kanzerogenen Effektes. Sie wurden von der EFSA als Referenzpunkte festgesetzt.

Laut EFSA [6] beträgt die BMDL<sub>10</sub>:

- für BaP: 0,07 mg/kg KG/d,
- für PAK4: 0,34 mg/kg KG/d.

### Berechnung der MOEs

Zur Berechnung des MOE in Bezug auf die BaP- bzw. PAK 4-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen wird im Folgenden die Schadstoff-Exposition ermittelt, die sich bei Verzehr der jeweiligen Grünkohlpflanzen aus Bottrop ergeben würde. Dazu wird zunächst unter Berücksichtigung der oben angegebenen Annahmen (Verzehr von 250 g Grünkohl tagtäglich ein Leben lang und 70 kg Körpergewicht einer Erwachsenen bzw. eines Erwachsenen) die orale Aufnahme an BaP und PAK 4 berechnet, die sich allein über den Verzehr des jeweiligen Grünkohls aus Bottrop ergeben würde. Die tägliche orale Gesamtaufnahme an BaP und PAK 4 wird rechnerisch über die Addition der Aufnahme über den entsprechenden Grünkohl aus Bottrop und der Aufnahme über andere Lebensmittel (dem sogenannten allgemeinen Warenkorb) bestimmt.

In den Tabellen 6 und 7 wird für jeden Messpunkt aufgeführt, welcher Gehalt an BaP und PAK 4 in der Frischmasse des Grünkohls festgestellt wurde und welche Gesamtaufnahme an BaP und PAK4 sich rein rechnerisch bei Verzehr von 250 g des 2019 in Bottrop angebauten Grünkohls für eine 70 kg schwere Person unter Berücksichtigung der Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb ergeben würde.

Nach EFSA [6] beträgt die Aufnahme (durchschnittliche Exposition der Gesamtbevölkerung) über den allgemeinen Warenkorb in Deutschland:

- für BaP: 3,6 ng/kg KG/d (255 ng/d nach EFSA),
- für PAK 4: 18 ng/kg KG/d (1258 ng/d nach EFSA).

**Tabelle 6:** BaP-Gehalt in den Nahrungspflanzen [ $\mu\text{g}/\text{kg}$  FM], tägliche Aufnahme an BaP über den allgemeinen Warenkorb [ $\text{ng}/\text{kg}$  KG/d], tägliche Aufnahme an BaP über den Verzehr von 250 g Grünkohl [ $\text{ng}/\text{kg}$  KG/d], tägliche Gesamtaufnahme an BaP bei Verzehr von 250 g Grünkohl und der Aufnahme an BaP über den allgemeinen Warenkorb [ $\text{ng}/\text{kg}$  KG/d] (jeweils Angabe von zwei signifikanten Stellen)

Messpunkt	BaP-Gehalt in der Nahrungspflanze [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ FM]	tägliche Aufnahme an BaP über den allgemeinen Warenkorb [ $\text{ng}/\text{kg}$ KG/d]	tägliche Aufnahme an BaP über den Verzehr von 250 g Grünkohl [ $\text{ng}/\text{kg}$ KG/d]	tägliche Gesamtaufnahme an BaP (über den Verzehr von 250 g Grünkohl und über den allgemeinen Warenkorb) [ $\text{ng}/\text{kg}$ KG/d]
01	0,67	3,6	2,4	6,0
02	2,7	3,6	9,6	13
03	0,27	3,6	0,96	4,6
04	2,7	3,6	9,6	13
05	1,6	3,6	5,7	9,3
06	6,9	3,6	25	29
07	1,2	3,6	4,3	7,9
08	0,27	3,6	0,96	4,6
09	1,5	3,6	5,4	9,0
10	0,79	3,6	2,8	6,4
11	1,9	3,6	6,8	10
12	0,68	3,6	2,4	6,0
13	0,36	3,6	1,3	4,9
14	1,8	3,6	6,4	10
15	0,68	3,6	2,4	6,0
16	1,7	3,6	6,1	9,7
WDMP 203	4,9	3,6	18	22

**Tabelle 7:** PAK 4-Gehalt in den Nahrungspflanzen [ $\mu\text{g}/\text{kg}$  FM], tägliche Aufnahme an PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [ $\text{ng}/\text{kg}$  KG/d], tägliche Aufnahme an PAK 4

über den Verzehr von 250 g Grünkohl [ng/kg KG/d], tägliche Gesamtaufnahme an PAK 4 bei Verzehr von 250 g Grünkohl und der Aufnahme an PAK4 über den allgemeinen Warenkorb [ng/kg KG/d] (jeweils Angabe von zwei signifikanten Stellen)

Messpunkt	PAK 4-Gehalt in der Nahrungspflanze [µg/kg FM]	tägliche Aufnahme an PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [ng/kg KG/d]	tägliche Aufnahme an PAK 4 über den Verzehr von 250 g Grünkohl [ng/kg KG/d]	tägliche Gesamtaufnahme an PAK 4 (über den Verzehr von 250 g Grünkohl und über den allgemeinen Warenkorb) [ng/kg KG/d]
01	11	18	39	57
02	70	18	250	270
03	5,9	18	21	39
04	65	18	230	250
05	40	18	140	160
06	120	18	430	450
07	34	18	120	140
08	6,9	18	25	43
09	41	18	150	170
10	20	18	71	89
11	40	18	140	160
12	9,4	18	34	52
13	7,3	18	26	44
14	52	18	190	210
15	15	18	54	72
16	34	18	120	140
<b>WDMP 203</b>	55	18	200	220

Durch Bildung des Quotienten aus der jeweiligen BMDL<sub>10</sub> und der Gesamtaufnahme (Exposition) der entsprechenden Substanz bzw. der Summe der entsprechenden Substanzen ergeben sich in Abhängigkeit der unterschiedlichen Konzentrationen an BaP bzw. PAK 4 in dem jeweiligen Grünkohl die in Tabelle 8 aufgeführten MOEs.

**Tabelle 8:** MOEs als Quotient aus der jeweiligen BMDL<sub>10</sub> und der täglichen Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4

Messpunkt	MOE BaP	MOE PAK 4
01	11700	6000
02	5400	1300
03	15200	8700
04	5400	1400
05	7500	2100
06	2400	800
07	8900	2400
08	15200	7900
09	7800	2000
10	10900	3800
11	7000	2100
12	11700	6500
13	14300	7700
14	7000	1600
15	11700	4700
16	7200	2400
<b>WDMP 203</b>	3200	1600

### Zusammenfassung der Ergebnisse

Die PAK 4-Belastungen in den zu bewertenden Grünkohlpflanzen aus Bottrop führen unter den oben getroffenen Verzehrannahmen an allen Messpunkten zu Expositionen, aus denen sich MOEs ergeben, die unter einem aus gesundheitlicher Sicht vertretbaren Faktor von 10.000 liegen. Im Hinblick auf BaP gilt entsprechendes für die Messpunkte 02, 04, 05, 06, 07, 09, 11, 14, 16 und für den WDMP-Standort 203.

### **Fazit**

Die gesundheitliche Bewertung von PAK in den untersuchten Grünkohlpflanzen aus Bottrop erfolgt auf Basis der Belastung mit BaP (Benzo[a]pyren) sowie der Summe der Konzentrationen von Benz[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthene und Chrysen (PAK 4) [6; 7].

Bei Verzehr von Grünkohl mit Belastungen wie sie in den Proben aller Messpunkte in Bottrop ermittelt wurden, würde unter Berücksichtigung der Belastung aus dem allgemeinen Warenkorb ein MOE von 10.000 sowohl für BaP an den Messpunkten 02, 04, 05, 06, 07, 09, 11, 14, 16 und an dem WDMP-Standort 203 als auch für PAK 4 an allen Messpunkten zum Teil erheblich unterschritten (Beispiel: MOE von 1300, 1400 und 800 für PAK 4 an den Messpunkten 02, 04 und 06). Ergibt sich bei Verbraucherinnen und Verbrauchern mit einer hohen Exposition gegenüber PAKs ein MOE, der im Bereich von 10.000 oder darunter liegt, können nach EFSA [6] gesundheitliche Auswirkungen nicht mehr ausgeschlossen werden.

Infolge dessen wird von dem **täglichen** Verzehr des Grünkohls aller Messpunkte in Bottrop abgeraten.

Bei einer Exposition gegenüber genotoxischen Substanzen aus der ein Faktor (MOE) von  $\geq 10.000$  resultiert, geht die EFSA [6] davon aus, dass die Aufnahme gesundheitlich wenig bedenklich ist. Im vorliegenden Fall ergäbe sich ein MOE von 10.000 bei einer täglichen Aufnahme von 7 ng/kg KG/d für BaP bzw. von 34 ng/kg KG/d für PAK4. In der folgenden Tabelle 9 wird aufgeführt, wie häufig der Grünkohl der einzelnen Messpunkte unter Berücksichtigung der Belastung aus dem allgemeinen Warenkorb bei einem MOE von 10.000 verzehrt werden dürfte.

**Tabelle 9:** Verzehr-Häufigkeit von je 250 g Grünkohl pro Woche bei einem MOE von 10.000 mit Bezug auf die BaP- bzw. PAK 4-Konzentration im Grünkohl

Messpunkt	BaP	PAK 4
01	*	2-3
02	2-3	0,45 (1-2 mal/4 Wochen)
03	*	5
04	2-3	0,49 (2 mal/4 Wochen)
05	4	0,80 (3 mal/4 Wochen)
06	0,95 (3-4 mal/4 Wochen)	0,26 (1 mal/4 Wochen)
07	5-6	0,93 (3-4 mal/4 Wochen)
08	*	4-5
09	4	0,75 (3 mal/4 Wochen)
10	*	1-2
11	3-4	0,80 (3 mal/4 Wochen)
12	*	3
13	*	4
14	3-4	0,59 (2 mal/4 Wochen)
15	*	2
16	3-4	0,93 (3-4 mal/4 Wochen)
<b>WDMP 203</b>	1	0,56 (2 mal/4 Wochen)

\*Verzehr uneingeschränkt

Es wird empfohlen, den Grünkohl der Messpunkte 01, 03, 08, 10, 12, 13 und 15 nicht häufiger pro Woche zu verzehren, als in der Tabelle 9 (bezogen auf PAK 4) angegeben.

Der Grünkohl an den Messpunkten 02, 04 bis 07, 09, 11, 14 und 16 sowie am WDMP-Messpunkt 203 ist derart hoch belastet, dass ein wöchentlicher Verzehr von 250 g oder mehr aus gesundheitlicher Sicht nicht vertretbar ist. Daher wird empfohlen, den Grünkohl an diesen Messpunkten monatlich (innerhalb von 4 Wochen) nicht häufiger als einmal (für Messpunkt 06 = MP 06) oder ein- bis zweimal (für MP 02), zweimal (für die MP 04, 14 und WDMP-Messpunkt 203), dreimal (für die MP 05, 09 und 11) und drei- bis viermal (für die MP 07 und 16) zu verzehren.

Die Verzehrempfehlungen des LANUV für die untersuchten Stadtteile werden im nächsten Kapitel detailliert erläutert.

## 5 Zusammenfassung

Im Jahr 2019 wurden in der Umgebung einer Kokerei in Bottrop an insgesamt 17 Messpunkten Grünkohlpflanzen exponiert und anschließend auf ihre PAK-Gehalte analysiert.

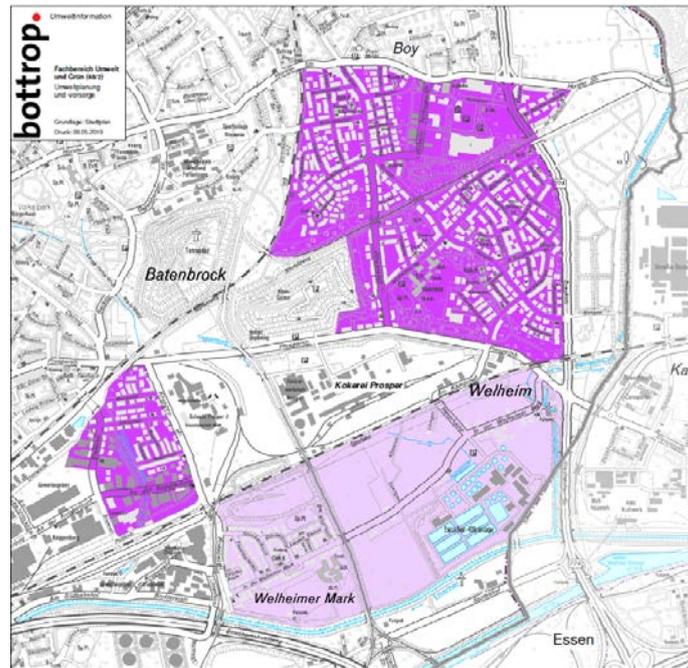
Es ist festzustellen, dass es im Jahr 2019 (Mai – November) im Untersuchungsgebiet in Bottrop deutliche immissionsbedingte Einträge von PAK gegeben hat. Die höchsten Gehalte wurden dabei nördlich und nordöstlich der Kokerei im Stadtteil Welheim ermittelt. Diese Gehalte liegen deutlich oberhalb der Hintergrundbelastung in NRW. Es ist ein abnehmender Gradient in Richtung Norden und in Richtung Nordosten feststellbar. Wobei auch die Messpunkte, die in fast 2 km Entfernung zu der Kokerei liegen, gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Werte aufweisen. Einer der Messpunkte westlich der Kokerei im Stadtteil Batenbrock zeigte ebenfalls einen deutlich erhöhten PAK-Gehalt.

Durch die Auswertung der räumlichen Verteilung der Belastung und durch die Korrelation der Pflanzengehalte mit dem Anteil des Windes aus Richtung der Kokerei konnte gezeigt werden, dass die Kokerei die Hauptquelle der PAK-Belastungen darstellt.

Der immissionsbedingte Eintrag von PAK in Grünkohl hat im Untersuchungsgebiet gegenüber dem Eintrag aus dem Boden höhere Bedeutung. Bei der Aufnahme von PAK aus dem Boden zeigt sich die Verschmutzung mit kontaminierten Bodenpartikeln als primäre Belastungsquelle. Eine Reduktion der Verschmutzung durch Mulchmaterialien (Vliesfolie, etc.) erscheint in geringem Maße möglich.

Die **gesundheitliche Bewertung** der PAK-Gehalte (PAK 4) in den Grünkohlpflanzen ergibt unter Berücksichtigung der PAK-Aufnahme (PAK 4) aus dem allgemeinen Warenkorb an allen untersuchten Messpunkten des Untersuchungsgebietes eine einschränkende Verzehrempfehlung.

Die Stadt Bottrop hat im letzten Jahr eine Verzehrempfehlung für insgesamt drei Gebiete herausgegeben (s. Abbildung 13). Dabei wurde vorsorglich für einen westlich der Kokerei gelegenen Bereich im Stadtteil Batenbrock, nördlich und südlich jeweils abgegrenzt durch die Bahnstrecken, sowie für den Stadtteil Welheim, nördlich abgegrenzt durch die Horster Straße, westlich abgegrenzt durch die B 224 eine Nichtverzehrempfehlung für Blattgemüse herausgegeben. Für den Stadtteil Welheimer Mark südlich der Kokerei lautet die Verzehrempfehlung nicht mehr als 3 – 4 mal pro Woche Blattgemüse aus dem eigenen Garten zu verzehren.



**Abbildung 13:** Bisheriges Gebiet der Verzehrempfehlung der Stadt Bottrop (Quelle: Stadt Bottrop)

Aufgrund der Ergebnisse der Grünkohluntersuchungen 2019 sollten aus Sicht des LANUV die bisherigen einschränkenden Verzehrempfehlungen unverändert aufrecht erhalten bleiben.

Darüber hinaus sollte es auch für den Stadtteil Batenbrock nördlich der Bahnlinie (Messpunkte 12 und 13) eine Verzehrempfehlung geben, die den Verzehr von Blattgemüsen auf 3 mal pro Woche eingrenzt. Es wird empfohlen, dass dieses Gebiet westlich mindestens bis zur Arenbergstraße und nordwestlich mindestens bis zur Korzmannstraße reicht.

Da auch am Messpunkt 10 nördlich der Horster Straße im Stadtteil Boy ein hoher PAK 4-Gehalt im Grünkohl ermittelt wurde, der zu einer Empfehlung führte, Blattgemüse nicht häufiger als 1 – 2 mal pro Woche zu verzehren, wird empfohlen den Bereich der Verzehrempfehlung ebenfalls nach Norden auszudehnen. Dabei sollte mindestens das Wohngebiet nördlich der Horster Straße bis zur Kraneburgstraße berücksichtigt werden.

## 6 Weiteres Vorgehen

Das LANUV schlägt vor im Jahr 2020 die Untersuchungen zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Bottrop fortzuführen, um die Effektivität der bei der Kokerei durchgeführten Maßnahmen zu überprüfen. Wie viele der bisher untersuchten Messpunkte dabei berücksichtigt werden sollen, ist noch abzustimmen. Aus Sicht des LANUV wären Messungen an den Messpunkten 5 und 7 nicht zwingend erforderlich, da die Transekte bereits durch andere Messpunkte ausreichend abgebildet werden. Auch eine erneute Untersuchung an den Messpunkten 15 und 16 wäre nicht unbedingt erforderlich, da diese ausschließlich der Verursacherermittlung dienen.

Aus Sicht des LANUV ist es sinnvoll zusätzlich einen Messpunkt nördlich des Messpunktes 10 und einen Messpunkt westlich der Messpunkte 12 und 13 zu beproben. Der zusätzliche

Messpunkt im Norden des bisherigen Untersuchungsgebietes könnte beispielsweise in der Kleingartenanlage An der Boye eingerichtet werden. Im Stadtteil Batenbrock müsste man gfls. auf Hausgärten zurückgreifen.

Da aus Sicht des LANUV die Verursacherermittlung abgeschlossen ist, müssen die Untersuchungen mit anderen Bioindikatoren über die gesamte Vegetationsperiode nicht weiter fortgeführt werden. Damit trotzdem zeitnah untersucht werden kann, ob emissionsmindernde Maßnahmen an der Kokerei die Immissionsbelastung verringern, schlägt das LANUV vor an vier Messpunkten bereits im Mai Grünkohl zu exponieren, der im August geerntet wird. Dabei sollten der Messpunkt 2 im südwestlichen Bereich der Kokerei sowie die Messpunkte 6, 9 und der noch zu findende Messpunkt im Norden (MP 17) auf einem Transekt in Hauptwindrichtung berücksichtigt werden. An diesen sowie an allen anderen Messpunkten sollte dann ebenfalls zwischen August und November Grünkohl exponiert werden.

## 7 Literatur

1. **LANUV-Fachbericht 61 (2015)**: Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW – Schwermetalle und organische Verbindungen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2015
2. **LANUV-Fachbericht 66 (2015)**: Hintergrundwerte für Schadstoffgehalte in Böden – Aktualisierung der Werte und Karten für Nordrhein-Westfalen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2015
3. **BBodSCHV (1998)**: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 1998
4. **Scientific Opinion (2012)**: Statement on the applicability of the Margin of Exposure approach for the safety assessment of impurities which are both genotoxic and carcinogenic in substances added to food/feed. The EFSA Journal, Vol 10,2578,2012
5. **SCHER/SCCP/SCENIHR (2009)**: Scientific opinion on risk assessment methodologies and approaches for genotoxic and carcinogenic substances.
6. **EFSA (2008)**: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food<sup>1</sup> Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal, Vol 727,1-114,2008
7. **BfR (2009)**: Stellungnahme Nr. 003/2010 des BfR vom 02. Oktober 2009: Markersubstanzen für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zur Lebensmittelüberwachung