



Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Bottrop

Grünkohlexposition von August – November
2022

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen Recklinghausen (21.02.2023)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher katja.hombrecher@lanuv.nrw.de 0201/7995 – 1186
Mitwirkende	Dr. Ralf Both, Holger Buick, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina (alle FB 31), Udo van Hauten (FB 32), FB 33 (Gesundheitliche Bewertung), FB 43 (Analytik)
Informationendienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Methodik	5
3	Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen	6
3.1	BaP-Gehalte	6
3.2	PAK 4-Gehalte	8
3.3	Räumliche Ausdehnung der Belastung	11
3.4	Vergleich mit den Messungen im Feinstaub und in der Deposition	12
3.5	Fazit der Pflanzenuntersuchungen	12
4	Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse	12
5	Zusammenfassung	17
6	Weiteres Vorgehen	17
7	Literatur	18

1 Einleitung

Im Umfeld der Kokerei der Fa. ArcelorMittal in Bottrop wurden in den Jahren 2018 bis 2021 in Grünkohlpflanzen immissionsbedingte Einträge an PAK ermittelt (s. LANUV-Untersuchungsberichte vom 12.04.2019, 19.02.2020, 22.10.2020, 10.03.2021 und 16.03.2022). Es konnte gezeigt werden, dass die Kokerei den Hauptverursacher für die erhöhten Gehalte darstellt. Aufgrund der gesundheitlichen Bewertung der PAK-Gehalte in den Grünkohlpflanzen wurde von Seiten der Stadt Bottrop zunächst eine Verzehrempfehlung für weitreichende Gebiete im Umfeld der Kokerei ausgesprochen. Mittlerweile konnten einige Gebiete aus dem Bereich der Verzehrempfehlungen herausgenommen werden. Für den direkt westlich an die Kokerei angrenzenden Bereich des Stadtteils Batenbrock sowie den nordöstlich liegenden Stadtteil Welheim wurde die Nichtverzehrempfehlung für Blattgemüse aufrechterhalten. Für den weiter nördlich gelegenen Stadtteil Boy gilt eine differenzierte Verzehrempfehlung.

Um die Immissionssituation weiter zu überprüfen, wurde im Jahr 2022 erneut zwischen August und November an insgesamt 12 Messpunkten eine standardisierte Grünkohlexposition durchgeführt (s. Abbildung 1). Da der Messpunkt 2 weggefallen ist, wurde der Messpunkt 22 an vergleichbarer Stelle neu in das Untersuchungsprogramm aufgenommen.

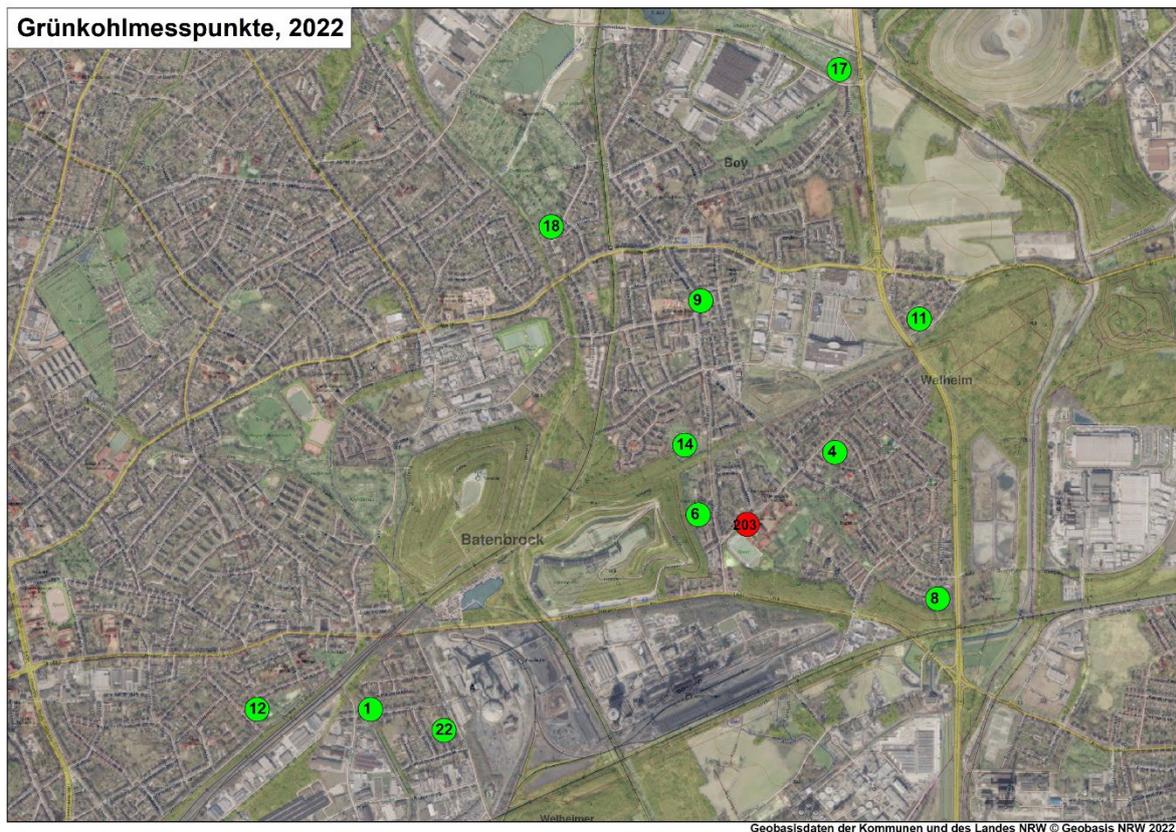


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten der Grünkohlexposition 2022

2 Methodik

An 12 Messpunkten wurde vom 10.08. bis zum 09.11.2022 Grünkohl nach Standardverfahren in Containern exponiert. Grünkohl kann aufgrund seiner stark aufgegliederten Blätter und der ausgeprägten Wachsschicht besonders gut fettlösliche (lipophile), organische Schadstoffe, wie PAK, akkumulieren.

Es wurden folgende Messpunkte untersucht:

- Messpunkt 1:** Privatgarten, Steigerstraße, ca. 1400 m westlich der Kokerei
- Messpunkt 4:** Privatgarten, Welheimer Straße, ca. 1300 m nordöstlich der Kokerei
- Messpunkt 6:** Privatgarten, Johannesstraße, ca. 750 m nördlich der Kokerei
- Messpunkt 8:** Privatgarten, Kleinebrechtshof, ca. 1000 m ostnordöstlich der Kokerei
- Messpunkt 9:** Privatgarten Johannesstraße, ca. 1700 m nördlich der Kokerei
- Messpunkt 11:** Privatgarten, Im Dorbusch, ca. 1900 m nordöstlich der Kokerei
- Messpunkt 12:** Privatgarten, Ludwig-Richter-Straße, ca. 1600 m westlich der Kokerei
- Messpunkt 14:** KGV Johannestal, ca. 1000 m nördlich der Kokerei
- Messpunkt 17:** KGA An der Boye e. V., ca. 3000 m nordnordöstlich der Kokerei
- Messpunkt 18:** Städtischer Betriebshof des Ostfriedhofes, ca. 2100 m nördlich der Kokerei
- Messpunkt 22:** Privatgarten, Knappenstraße, ca. 800 m westlich der Kokerei
- Messpunkt 203:** Messpunkt aus dem Wirkungsdauermessprogramm NRW, Welheimer Straße ca. 750 m nordöstlich der Kokerei

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 ggf. wurde nach einem Monat die schwächste Pflanze entfernt. Die Pflanzen wurden nach 91 Tagen Expositionszeit geerntet und in Aluminiumboxen gekühlt zum LANUV-Labor transportiert. Bei der Ernte wurden nur verzehrfähige Blätter entnommen. Im Labor erfolgte die küchenfertige Aufarbeitung der Proben zu einer homogenen Mischprobe je Messpunkt. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich gewaschen, schockgefroren und anschließend gefriergetrocknet. Nach dem Vermahlen wurden die Pflanzenproben im LANUV-Labor auf ihre Gehalte an Benzo[a]pyren (BaP), Chrysen (Chr), Benzo[a]anthracen (BaA) und Benzo[b]fluoranthen (BbF) untersucht und daraus der Summenwert PAK 4 berechnet, welcher für die gesundheitliche Bewertung relevant ist.

3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Grünkohlexposition in Pflanzcontainern von August bis November 2022 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 (LANUV-Fachberichte 61, 2015 und 114, 2021). Dargestellt wird jeweils der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in Grünkohl von 10 verschiedenen Hintergrundstationen aus dem 10-Jahreszeitraum von 2012 bis 2021. Messwerte, die abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens den OmH überschreiten, werden als Hinweis auf eine zusätzlich vorliegende quellenbedingte Immissionsbelastung durch die untersuchte Substanz gewertet (vgl. VDI 3857 Blatt 2).

3.1 BaP-Gehalte

Die in den zwischen August und November exponierten Grünkohlpflanzen ermittelten Gehalte an BaP an den einzelnen Messpunkten sind in Tabelle 1 aufgeführt und werden im Folgenden erläutert.

Die BaP-Gehalte der zwischen August und November 2022 in Bottrop exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 0,16 µg/kg in der Frischmasse (FM) am neu eingerichteten Messpunkt 22 und 6,9 µg/kg FM am Messpunkt 6 (s. Tabelle 1 und Abbildung 2). Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) beträgt für BaP 0,27 µg/kg FM.

An allen drei Messpunkten im Stadtteil Batenbrock westlich der Kokerei (MP 1, 12 und 22) liegen die Werte unterhalb dieses OmH. An den Messpunkten in den Stadtteilen Welheim und Boy nördlich, östlich und nordöstlich der Kokerei überschreiten die ermittelten BaP-Gehalte den OmH zum Teil deutlich. Lediglich am Messpunkt 8, der am südlichsten Punkt von Welheim liegt, wird der OmH nicht überschritten. Die höchsten BaP-Gehalte wurden an den Messpunkten 6 und 203 unmittelbar nördlich bzw. nordöstlich der Kokerei ermittelt. Die Gehalte waren deutlich höher als im Vorjahr (s. Abbildung 3).

Tabelle 1: Gehalte an BaP in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop in den Jahren 2018 - 2022 (Exposition „früh“: Mai bis August; Exposition „spät“: August bis November); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [$\mu\text{g}/\text{kg FM}$]

Messpunkte	BaP [$\mu\text{g}/\text{kg FM}$]						
	2018 spät	2019 spät	2020 früh	2020 spät	2021 früh	2021 spät	2022 spät
MP 1	0,62	0,67	-	0,28	-	0,47	0,20
MP 2	1,1	2,7	0,19	0,36	0,15	0,41	-
MP 3	0,26	0,27	-	0,34	-	-	-
MP 4	0,47	2,7	-	3,4	-	1,5	1,7
MP 5	1,8	1,6	-	-	-	-	-
MP 6	3,5	6,9	-	5,2	-	2,1	6,9
MP 7	0,90	1,2	-	-	-	-	-
MP 8	0,36	0,27	-	0,46	-	0,40	0,23
MP 9	-	1,5	0,021	2,2	0,25	0,98	2,5
MP 10	-	0,79	-	0,82	-	0,56	-
MP 11	-	1,9	-	2,8	-	0,91	1,1
MP 12	-	0,68	-	0,31	-	0,39	0,21
MP 13	-	0,36	-	0,44	-	0,36	-
MP 14	-	1,8	-	3,0	-	1,1	3,3
MP 15	-	0,68	-	-	-	-	-
MP 16	-	1,7	-	-	-	-	-
MP 17	-	-	0,019	0,37	0,14	0,37	0,67
MP 18	-	-	Ausfall	0,47	0,045	0,54	0,41
MP 19	-	-	0,091	0,37	0,061	0,45	-
MP 20	-	-	-	-	-	0,34	-
MP 21	-	-	-	-	-	0,38	-
MP 22	-	-	-	-	-	-	0,16
WDMP 203	1,1	4,9	0,10	3,5	1,2	2,2	4,6
OmH NRW	0,27						

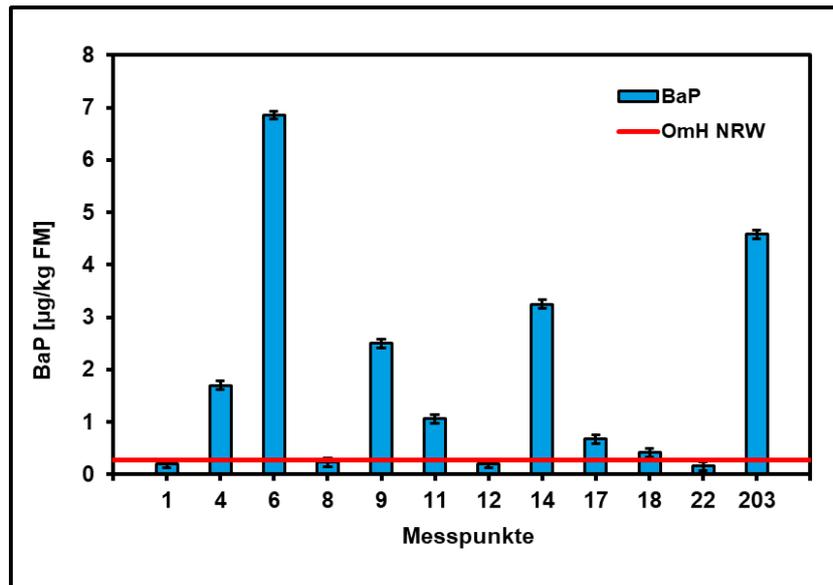


Abbildung 2: BaP-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2022) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2012 – 2021)

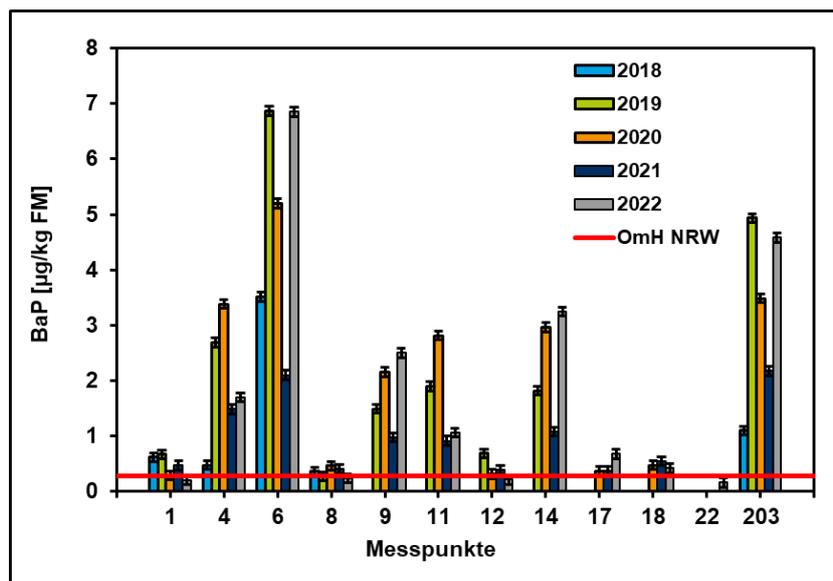


Abbildung 3: BaP-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2018 - 2022) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2012 – 2021)

3.2 PAK 4-Gehalte

Die in den zwischen August und November exponierten Grünkohlpflanzen ermittelten Gehalte an PAK 4 an den einzelnen Messpunkten sind in Tabelle 2 aufgeführt und werden im Folgenden erläutert.

Die PAK 4-Gehalte der zwischen August und November exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 3,0 µg/kg FM am Messpunkt 22 im Stadtteil Batenbrock und 150 µg/kg FM am Messpunkt 6 im Stadtteil Welheim (s. Tabelle 2 und Abbildung 4). Der OmH für NRW

beträgt 5,7 µg/kg FM. Alle Messpunkte in Batenbrock (MP 1, 12 und 22) weisen PAK 4-Gehalte unterhalb des OmH auf, genauso wie der am südlichen Rand des Stadtteils Welheim gelegene Messpunkt 8. Alle anderen Messpunkte weisen PAK 4-Gehalte auf, die teilweise deutlich oberhalb des OmH liegen. Die höchsten Gehalte wurden an den Messpunkten 6 und 203 ermittelt. Am Messpunkt 6 wird der OmH um den Faktor 35 überschritten. Die Gehalte waren deutlich höher als im Vorjahr (s. Abbildung 5).

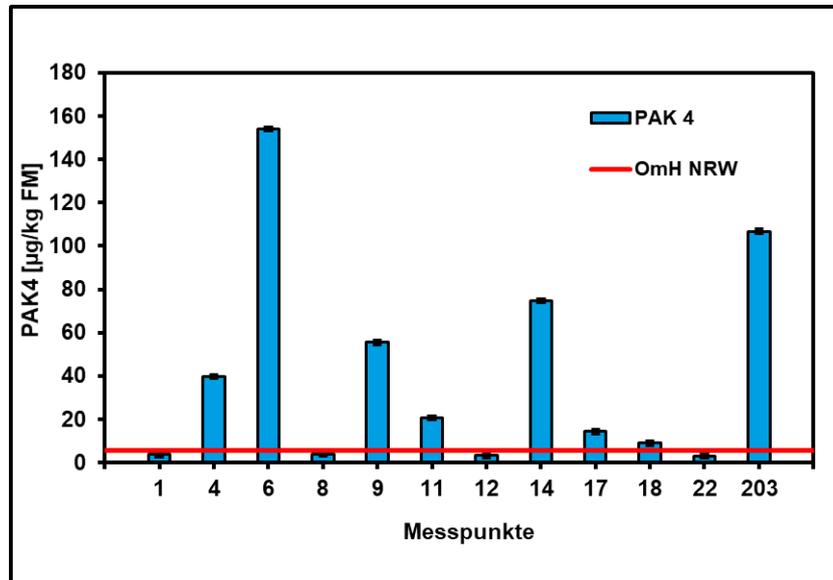


Abbildung 4: PAK 4-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2022) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2012 – 2021)

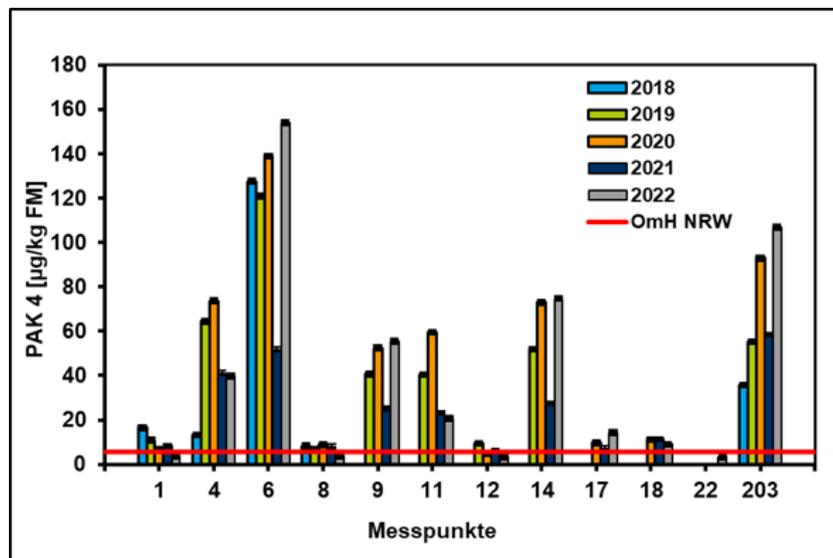


Abbildung 5: PAK 4-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2018 - 2022) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2012 – 2021)

Tabelle 2: Gehalte an PAK 4 in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop in den Jahren 2018 - 2022 (Exposition „früh“: Mai bis August; Exposition „spät“: August bis November); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [$\mu\text{g}/\text{kg FM}$]

Messpunkte	PAK 4 [$\mu\text{g}/\text{kg FM}$]						
	2018 spät	2019 spät	2020 früh	2020 spät	2021 früh	2021 spät	2022 spät
MP 1	17	11	-	6,8	-	8,3	3,6
MP 2	26	70	4,4	8,0	1,8	7,7	-
MP 3	8,7	5,9		7,4	-	-	-
MP 4	13	65	-	74	-	41	40
MP 5	57	40	-	-	-	-	-
MP 6	130	120	-	140	-	52	150
MP 7	18	34	-	-	-	-	-
MP 8	8,2	6,9	-	8,9	-	8,1	3,8
MP 9	-	41	1,4	52	5,8	25	56
MP 10	-	20	-	18	-	11	-
MP 11	-	40	-	60	-	23	21
MP 12	-	9,4	-	5,1	-	5,9	3,2
MP 13	-	7,3	-	6,5	-	6,7	-
MP 14	-	52	-	73	-	27	75
MP 15	-	15	-	-	-	-	-
MP 16	-	34	-	-	-	-	-
MP 17	-	-	0,76	9,7	2,8	7,2	14
MP 18	-	-	Ausfall	11	1,2	11	9,0
MP 19	-	-	2,6	7,9	1,5	7,5	-
MP 20	-	-	-	-	-	6,2	-
MP 21	-	-	-	-	-	6,5	-
MP 22	-	-	-	-	-	-	3,0
WDMP 203	36	55	3,4	93	24	58	110
OmH NRW	5,7						

3.3 Räumliche Ausdehnung der Belastung

Die Windrichtungsverteilung während der Expositionszeit des Grünkohls vom 10.08 - 09.11.2022 weist als Hauptwindrichtung SW auf (s. Abbildung 6). Es gab in diesem Zeitraum aber auch größere Windanteile aus S, WSW und SSW sowie aus NO und ONO.

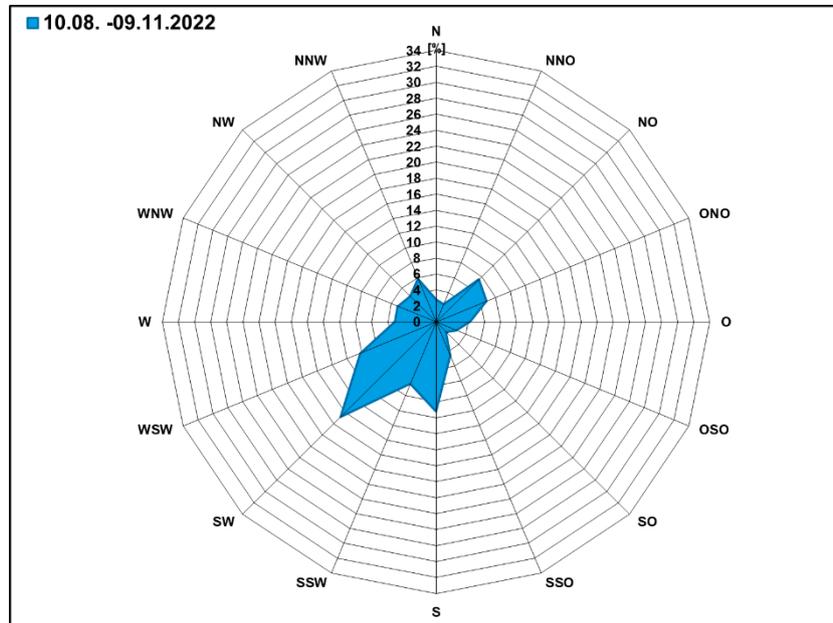


Abbildung 6: Windrichtungsverteilung in Bottrop während der Grünkohlexposition vom 10.08. – 09.11.2022

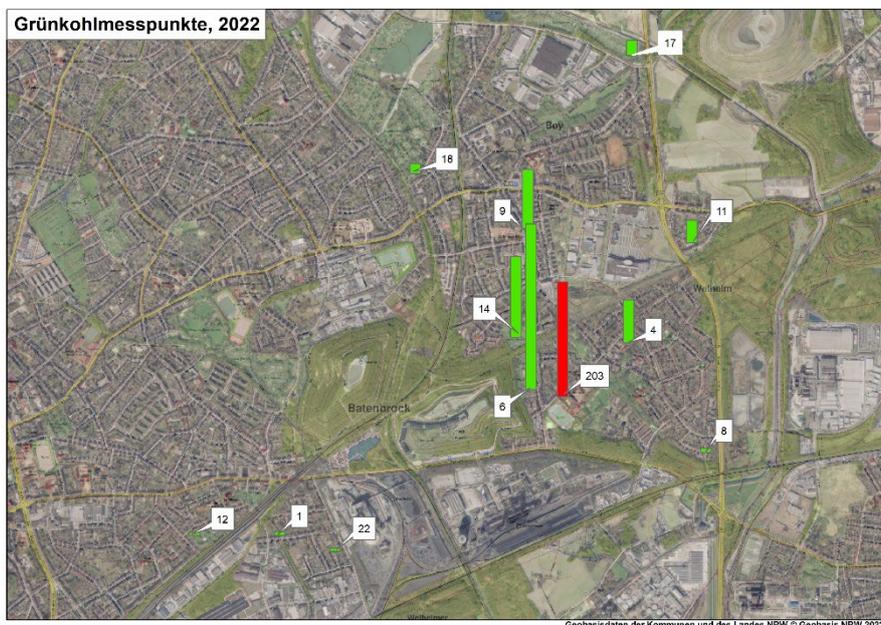


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der ermittelten PAK 4-Gehalte an den Messpunkten in Bottrop

In Abbildung 7 sind die PAK 4-Gehalte an den einzelnen Messpunkten in der Karte eingetragen. Für BaP ergibt sich ein ähnliches Bild, so dass hier auf die Darstellung verzichtet

wird. In der Darstellung ist deutlich zu erkennen, dass die PAK 4-Gehalte in den Grünkohlpflanzen im westlich von der Kokerei gelegenen Stadtteil Batenbrock sehr gering sind. Dagegen sieht man in der während der Expositionszeit vorherrschenden Windrichtung nordöstlich der Kokerei deutlich höhere Gehalte. Es ist ein abnehmender Gradient der Belastung zu erkennen, je weiter die Messpunkte von der Kokerei entfernt liegen.

3.4 Vergleich mit den Messungen im Feinstaub und in der Deposition

Das LANUV misst an der LUQS-Messstation in Bottrop-Welheim nordöstlich der Kokerei auch BaP im Feinstaub. Diese Messstelle entspricht dem Messpunkt 203 aus dem Grünkohl-Untersuchungsprogramm. Betrachtet man die im Feinstaub täglich ermittelten Werte, so zeigen sich während des Expositionszeitraumes des Grünkohls im Oktober und November deutlich höhere Werte als zuvor. Am 07.11.2022 wurde mit 11 ng/m^3 der höchste Wert ermittelt. Die Ernte des Grünkohls fand zwei Tage später statt, so dass die hohen Gehalte im Grünkohl auch mit den hohen BaP-Gehalten im Feinstaub korrelieren. Der Mittelwert für den Expositionszeitraum vom 10.08. – 09.11.2022 beträgt $1,2 \text{ ng/m}^3$ und liegt damit deutlich höher als der im Jahr 2021 während des Expositionszeitraums ermittelte Wert von $0,74 \text{ ng/m}^3$.

3.5 Fazit der Pflanzenuntersuchungen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass entsprechend der Windrichtungsverteilung im Expositionszeitraum hauptsächlich die nordöstlich und nördlich der Kokerei liegenden Bereiche von den Emissionen der Kokerei beaufschlagt wurden und dort in den Grünkohlpflanzen gegenüber der Hintergrundbelastung deutlich erhöhte PAK-Gehalte ermittelt wurden.

In den Bereichen westlich der Kokerei waren dagegen die BaP- und die PAK 4-Gehalte nicht gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht. Allerdings ist auch nicht grundsätzlich auszuschließen, dass bei anderen Windrichtungsverteilungen immissionsbedingte PAK-Einträge auch in diesem Bereich vorkommen können.

4 Gesundheitliche Bewertung der Ergebnisse

Expositionsseitig wird wie bei den vorherigen Bewertungen als Konvention ein Verzehr von 250 g Grünkohl pro Tag - stellvertretend für gesamtverzehrtes Gemüse - aus dem eigenen Garten angenommen. Des Weiteren wird die Annahme getroffen, dass das durchschnittliche Körpergewicht (KG) einer erwachsenen Person 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 (EFSA 2012). Der MOE ergibt sich dabei aus einer kanzerogenen Effektdosis (hier BMDL₁₀), abgeleitet aus der Dosis-Wirkungskurve im Tierversuch, im Verhältnis zu der menschlichen Exposition. Ein MOE von 10.000 (hier basierend auf einer BMDL₁₀) oder darüber wird für genotoxische Substanzen als gesundheitlich wenig bedenklich angesehen (EFSA 2012, SCHER/SCCP/SCENIHR 2009).

Für Benzo[a]pyren und PAK 4 hat die Europäische Lebensmittelbehörde auf der Grundlage der kanzerogenen Wirkung jeweils sog. BMDL₁₀ (= untere Grenze des Vertrauensbereiches für ein zusätzliches Risiko (Extra Risk) von 10 %) berechnet. Diese BMDL₁₀ entsprechen den niedrigsten statistisch signifikanten Werten jeweils für einen Anstieg der Inzidenz des relevanten kanzerogenen Effektes. Sie wurden von der EFSA als Referenzpunkte festgesetzt (EFSA 2008). In Tabelle 3 sind die von der EFSA ermittelten BMDL₁₀ für BaP und PAK4 aufgeführt.

Tabelle 3: BMDL₁₀ für BaP und PAK 4 [mg/kg KG/d], nach EFSA (2008)

Substanz	BMDL ₁₀ [mg/kg KG/d]
BaP	0,07
PAK 4	0,34

Berechnung der MOEs

Der MOE wird durch den Quotienten aus der jeweiligen BMDL₁₀ und der Gesamtaufnahme (Exposition) der entsprechenden Substanz (BaP) bzw. der Summe der entsprechenden Substanzen (PAK 4) ermittelt.

Dazu wird zunächst unter Berücksichtigung der oben angegebenen Annahmen (täglicher Verzehr von 250 g Grünkohl ein Leben lang und 70 kg Körpergewicht einer erwachsenen Person) die orale Aufnahme an BaP bzw. PAK4 berechnet, die sich allein über den Verzehr des Grünkohls aus Bottrop für die entsprechenden Messpunkte ergeben würde. Die tägliche orale Gesamtaufnahme wird rechnerisch über die Addition der Aufnahme an BaP bzw. PAK4 über den Grünkohl und der Aufnahme über andere Lebensmittel (dem sogenannten allgemeinen Warenkorb) bestimmt.

Basierend auf den Daten der EFSA zur mittleren Zufuhr der Gesamtbevölkerung für BaP in Höhe von 255 ng/d und für PAK 4 in Höhe von 1258 ng/d (EFSA, 2008) ergibt sich für eine 70 kg schwere Person eine tägliche Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb für BaP in Höhe von 3,6 ng/kg KG/d und für PAK 4 in Höhe von 18 ng/kg KG/d.

In Tabelle 4 wird für die zu bewertenden Grünkohlpflanzen der entsprechenden Messpunkte aufgeführt, welcher Gehalt an BaP und PAK 4 in der Frischmasse des Grünkohls ermittelt wurde und welche Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK4 sich rein rechnerisch bei Verzehr von 250 g des 2022 in Bottrop angebauten Grünkohls für eine 70 kg schwere Person unter Berücksichtigung der Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb ergeben würde.

Tabelle 4: BaP- und PAK 4-Gehalt [$\mu\text{g}/\text{kg FM}$] in den Nahrungspflanzen der angegebenen Messpunkte, tägliche Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$], tägliche Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den Verzehr von 250 g Grünkohl aus Bottrop [$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$], tägliche Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4 bei Verzehr von 250 g Grünkohl zuzüglich der Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$] (jeweils Angabe von zwei signifikanten Stellen)

Messpunkt	BaP- bzw. PAK 4-Gehalt in der Nahrungspflanze		tägliche BaP- bzw. PAK 4-Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb		tägliche Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den Verzehr von 250 g Grünkohl		tägliche BaP- bzw. PAK 4-Gesamtaufnahme (über den Verzehr von 250 g Grünkohl und über den allgemeinen Warenkorb)	
	[$\mu\text{g}/\text{kg FM}$]		[$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$]		[$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$]		[$\text{ng}/\text{kg KG}/\text{d}$]	
	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4
4	1,7	40	3,6	18	6,1	140	9,7	160
6	6,9	150	3,6	18	25	540	28	550
9	2,5	56	3,6	18	8,9	200	13	220
11	1,1	21	3,6	18	3,9	75	7,5	93
14	3,2	75	3,6	18	11	270	15	290
17	0,67	14	3,6	18	2,4	50	6,0	68
18	0,41	9,0	3,6	18	1,5	32	5,1	50
203	4,6	110	3,6	18	16	390	20	410

Die als Quotienten aus der entsprechenden BMDL_{10} und der berechneten täglichen Gesamtaufnahme an BaP bzw. an PAK 4 ermittelten MOEs werden in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Tägliche Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4 [ng/kg KG/d], BMDL₁₀ für BaP bzw. PAK 4 [mg/kg KG/d], MOE als Quotient der BMDL₁₀ für BaP bzw. PAK 4 und der Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4

Messpunkt	Tägliche BaP- und PAK 4-Gesamtaufnahme über den Verzehr von 250 g Grünkohl und über den allgemeinen Warenkorb [ng/kg KG/d]		BMDL ₁₀ [mg/kg KG/d]		MOE	
	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4
	4	9,7	160	0,07	0,34	7200
6	28	550	0,07	0,34	2500	620
9	13	220	0,07	0,34	5400	1500
11	7,5	93	0,07	0,34	9300	3700
14	15	290	0,07	0,34	4700	1200
17	6,0	68	0,07	0,34	12000	5000
18	5,1	50	0,07	0,34	14000	6800
203	20	410	0,07	0,34	3500	830

Zusammenfassung der Ergebnisse

An allen zur Bewertung vorliegenden Messpunkten ist die PAK 4-Konzentration in den untersuchten Grünkohlpflanzen so hoch, dass sich MOEs ergeben, die unter einem aus gesundheitlicher Sicht vertretbaren Faktor von 10.000 liegen. Mit Ausnahme der Messpunkte 17 und 18 gilt das auch im Hinblick der BaP-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen.

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) (EFSA 2008, BfR 2009).

Bei Verzehr von Grünkohl mit PAK 4-Belastungen wie sie in Bottrop in den exponierten Grünkohlpflanzen an allen in den Tabellen 5 und 6 aufgeführten Messpunkten ermittelt wurden, würde unter Berücksichtigung der PAK 4-Belastung aus dem allgemeinen Warenkorb in Höhe von 18 ng/kg KG/d ein MOE von 10.000 unterschritten, zum Teil auch erheblich. Im Hinblick auf die zugeführte BaP-Konzentration über den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 3,6 ng/kg KG/d und über den Verzehr der Grünkohlpflanzen an den Messpunkten 17 und 18 ergeben sich MOEs oberhalb von 10.000. An den anderen 6 Messpunkten folgen aufgrund der Höhe der BaP-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen auch hier MOEs unterhalb von 10.000. Ergibt sich bei Verbraucherinnen und Verbrauchern mit einer hohen Exposition gegenüber PAKs ein MOE, der im Bereich von 10.000 oder unterhalb liegt, können nach EFSA

(2012) gesundheitliche Auswirkungen nicht mehr ausgeschlossen werden. Es wird daher von dem **täglichen** Verzehr des Grünkohls aller hier bewerteten Messpunkte abgeraten.

Bei einer Exposition gegenüber genotoxischen Substanzen aus der ein Faktor (MOE) von ≥ 10.000 resultiert, geht die EFSA (2012) davon aus, dass die Aufnahme gesundheitlich wenig bedenklich ist. Im vorliegenden Fall ergäbe sich ein MOE von 10.000 bei einer täglichen Aufnahme an BaP in Höhe von 7 ng/kg KG bzw. an PAK 4 in Höhe von 34 ng/kg KG.

Wie häufig der Grünkohl der einzelnen Messpunkte unter Berücksichtigung der Belastung aus dem allgemeinen Warenkorb bei einem MOE in Höhe von 10.000 rein rechnerisch verzehrt werden dürfte, ist der Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Berechnete Verzehrhäufigkeit von 250 g Grünkohl pro Woche oder pro Monat bei einem MOE in Höhe von 10.000 jeweils auf Grundlage der BaP- bzw. PAK 4-Konzentration in den Grünkohlpflanzen (unter Berücksichtigung der Zufuhr an BaP bzw. PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb)

Messpunkt	Verzehrhäufigkeit von jeweils 250 g Gemüse pro Woche bzw. pro Monat bei einem MOE in Höhe von 10.000	
	BaP	PAK 4
4	3 – 4 / Woche	3 / Monat
6	1 / Woche	< 1 / Monat
9	2 – 3 / Woche	2 / Monat
11	6 / Woche	1 – 2 / Woche
14	2 / Woche	1 – 2 / Monat
17	entfällt (MOE > 10.000)	2 / Woche
18	entfällt (MOE > 10.000)	3 – 4 / Woche
203	1 – 2 / Woche	1 / Monat

Da die über die Konzentration an PAK 4 in den Grünkohlpflanzen ermittelten MOEs für jeden Messpunkt kleiner als die über die BaP-Konzentrationen ermittelten MOEs sind, erfolgt die empfohlene Verzehrhäufigkeit auf Grundlage der PAK 4-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen.

Der Grünkohl an Messpunkt 6 ist derart hoch belastet, dass vom Verzehr dieses Grünkohls abgeraten wird. Ein wöchentlicher Verzehr der Grünkohlpflanzen an den Messpunkten 4, 9, 14 und am WDMP-Messpunkt 203 ist aufgrund der Höhe der Belastung aus gesundheitlicher Sicht nicht vertretbar. Daher wird auch für diese Messpunkte empfohlen, den Grünkohl nicht zu verzehren.

5 Zusammenfassung

Im Zeitraum von August bis November 2022 wurden in der Umgebung der Kokerei in Bottrop an insgesamt 12 Messpunkten Grünkohlpflanzen exponiert und anschließend auf ihre BaP- und PAK 4-Gehalte analysiert.

Es ist festzustellen, dass es in diesem Zeitraum im Untersuchungsgebiet in Bottrop in Hauptwindrichtung von der Kokerei in den Stadtteilen Welheim und Boy an acht von neun untersuchten Messpunkten deutliche immissionsbedingte Einträge von BaP und PAK 4 gegeben hat, die zu einer Überschreitung des OmH für NRW führten. Westlich der Kokerei dagegen im Stadtteil Batenbrock wurden die OmH in den Grünkohlpflanzen an keinem der drei Messpunkte überschritten.

Die BaP- und PAK 4-Gehalte, die oberhalb des OmH lagen, wurden gesundheitlich bewertet. Diese Bewertung der BaP- und PAK 4-Gehalte an den untersuchten Messpunkten ergaben unter Berücksichtigung der BaP- bzw. PAK 4-Aufnahme aus dem allgemeinen Warenkorb differenzierte Verzehrempfehlungen an den unterschiedlichen Messpunkten. Demnach sollten Grünkohl und andere Blattgemüse an den nordöstlich der Kokerei gelegenen Messpunkten 4, 6, 9, 14 und 203 nicht verzehrt werden. Das derzeitige Gebiet der Nichtverzehrempfehlung schließt diese Messpunkte bereits mit ein und sollte deswegen weiterhin bestehen bleiben. Auch der Grünkohl am Messpunkt 11 sollte maximal 1 – 2 x pro Woche verzehrt werden und liegt innerhalb dieses Gebietes.

Grünkohl und Blattgemüse des Messpunktes 18 sollte nicht häufiger als 3 - 4 x wöchentlich, von Messpunkt 17 in der KGA An der Boye nicht häufiger als 2 x wöchentlich verzehrt werden. Die derzeitige Verzehrempfehlung für das gesamte Gebiet lautet Blattgemüse nicht häufiger als 3 x wöchentlich zu verzehren. Die im Jahr 2022 am Messpunkt 17 ermittelten Gehalte zeigen, dass die Verzehrempfehlung nicht ausreicht.

Der Grünkohl der direkt westlich der Kokerei liegenden Messpunkte 1, 12 und 22 könnte unbedenklich verzehrt werden. Da die in anderen Jahren ermittelten PAK-Gehalte aufgrund anderer Windverteilungen im Expositionszeitraum und der Nähe zur Kokerei auch schon deutlich höher waren, sollte auch hier die Nichtverzehrempfehlung für den Bereich der Messpunkte 1 und 22 weiter bestehen bleiben.

6 Weiteres Vorgehen

Aus den oben genannten Gründen sollte die bestehende Nichtverzehrempfehlung im unmittelbaren Einflussbereich der Kokerei in den Stadtteilen Batenbrock und Welheim weiter aufrechterhalten werden. Die differenzierte Verzehrempfehlung im Stadtteil Boy (Verzehr von selbst angebautem Blattgemüse höchstens dreimal pro Woche) sollte ggf. angepasst werden (höchstens zweimal x pro Woche).

Das Messprogramm sollte auch in 2023 an allen 12 Messpunkten fortgeführt werden.

7 Literatur

- BfR (2009) Stellungnahme Nr. 003/2010 des BfR vom 02. Oktober 2009: Markersubstanzen für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) zur Lebensmittelüberwachung
- EFSA (2008): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food1 Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal, Vol 727,1-114,2008
- LANUV-FACHBERICHT 61 (2015): Immissionsbedingte Hintergrundbelastung von Pflanzen in NRW – Schwermetalle und organische Verbindungen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2015
- LANUV-FACHBERICHT 114 (2021): Neue Bioindikationsverfahren zum anlagenbezogenen Monitoring, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Recklinghausen 2021
- Scientific Opinion: 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
- SCHER/SCCP/SCENIHR (2009) Scientific opinion on risk assessment methodologies and approaches for genotoxic and carcinogenic substances.
- VDI 3857 Blatt 2 (2020): Beurteilungswerte für immissionsbedingte Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen: Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte ausgewählter anorganischer Luftverunreinigungen, Entwurf, KRdL 2020