



Untersuchungsbericht zur Immissionsbelastung von Nahrungspflanzen in Bottrop

Grünkohlexposition von August – November
2024

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Fachbereich 31 Immissionswirkungen Leibnizstraße 10 45659 Recklinghausen Recklinghausen (24.03.2025)
Autorin	Dr. Katja Hombrecher, Astra Segelcke katja.hombrecher@lanuv.nrw.de ; astramona.segelcke@lanuv.nrw.de 02361/305 – 1186, 02361/305 - 2690
Mitwirkende	Holger Buick, Marcel Buss, Alexandra Müller-Uebachs, Mario Rendina (alle FB 31), 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	13
5	Zusammenfassung	16
6	Weiteres Vorgehen	18
7	Literatur	19

1 Einleitung

Im Umfeld der Kokerei der Fa. ArcelorMittal in Bottrop wurden in den Jahren 2018 bis 2023 in Grünkohlpflanzen immissionsbedingte Einträge an PAK ermittelt (s. LANUV-Untersuchungsberichte vom 12.04.2019, 19.02.2020, 22.10.2020, 10.03.2021, 16.03.2022, 21.02.2023 und 21.05.2024). 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 2024 erneut zwischen August und November an insgesamt 12 Messpunkten eine standardisierte Grünkohlexposition durchgeführt (s. Abbildung 1).

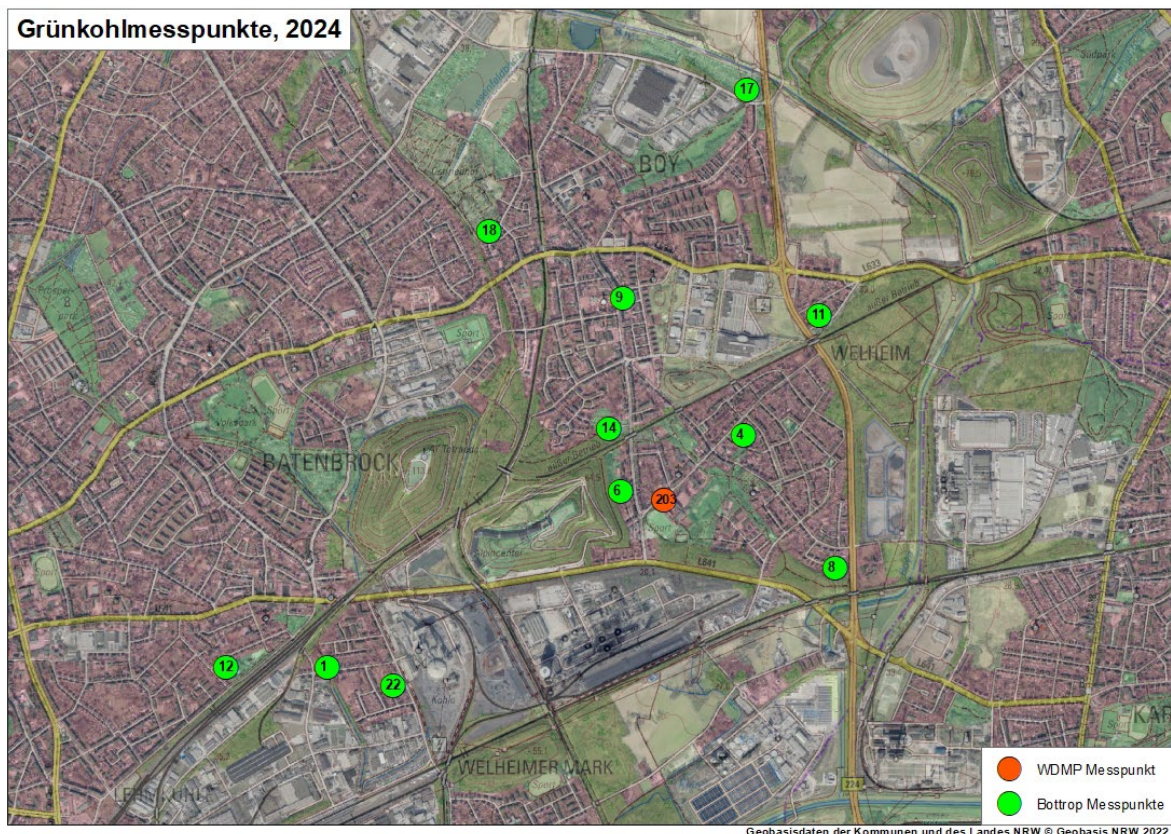


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit den Messpunkten der Grünkohlexposition 2024

2 Methodik

An 12 Messpunkten wurde vom 20.08. bis zum 12.11.2024 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 Wirkungsdauremessprogramm 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 85 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. Die im Verhältnis zu den Vorjahren niedrigen Gehalte wurden analytisch überprüft und bestätigt.

3 Ergebnisse der Pflanzenuntersuchungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Grünkohlexposition in Pflanzcontainern von August bis November 2024 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 2014 bis 2023. 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 2024 in Bottrop exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 0,21 µg/kg in der Frischmasse (FM) am Messpunkt 11 und 0,72 µg/kg FM am Messpunkt 6 (s. Tabelle 1 und Abbildung 2). Der Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) beträgt für BaP 0,29 µg/kg FM.

An den Messpunkten 8, 11, 17, 18 und 22 liegen die ermittelte BaP-Gehalte abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens von 0,080 µg/kg FM unterhalb dieses OmH. Dementsprechend wird der OmH an den Messpunkten 1, 4, 6, 9, 12, 14 und 203 überschritten. Die höchsten BaP-Gehalte wurden an den Messpunkten 6 und 203 unmittelbar nördlich bzw. nordöstlich der Kokerei ermittelt.

Insgesamt liegen die Messwerte in dem diesjährig untersuchten Messzeitraum über fast alle Messpunkte hinweg auf einem niedrigeren Niveau als in den vergangenen Jahren (s. Tabelle 1 und Abbildung 3). Lediglich an den beiden Messpunkten im westlich der Kokerei gelegenen Stadtteil Batenbrock 22 und 12 wird ein ähnlich hoher bzw. ein leicht höherer Wert gemessen als im Jahr 2023.

Tabelle 1: Gehalte an BaP in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop in den Jahren 2018 - 2024 (Exposition „früh“: Mai bis August; Exposition „spät“: August bis November); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [$\mu\text{g/kg FM}$]

	BaP [$\mu\text{g/kg FM}$]								
Messpunkte	2018 spät	2019 spät	2020 früh	2020 spät	2021 früh	2021 spät	2022 spät	2023 spät	2024 spät
MP 1	0,62	0,67	-	0,28	-	0,47	0,20	0,70	0,44
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	1,8	0,49
MP 5	1,8	1,6	-	-	-	-	-	-	
MP 6	3,5	6,9	-	5,2	-	2,1	6,9	4,3	0,72
MP 7	0,90	1,2	-	-	-	-	-	-	
MP 8	0,36	0,27	-	0,46	-	0,40	0,23	0,62	0,23
MP 9	-	1,5	0,021	2,2	0,25	0,98	2,5	1,7	0,39
MP 10	-	0,79	-	0,82	-	0,56	-	-	
MP 11	-	1,9	-	2,8	-	0,91	1,1	1,4	0,21
MP 12	-	0,68	-	0,31	-	0,39	0,21	0,32	0,40
MP 13	-	0,36	-	0,44	-	0,36	-	-	
MP 14	-	1,8	-	3,0	-	1,1	3,3	2,2	0,43
MP 15	-	0,68	-	-	-	-	-	-	
MP 16	-	1,7	-	-	-	-	-	-	
MP 17	-	-	0,019	0,37	0,14	0,37	0,67	0,74	0,24
MP 18	-	-	Ausfall	0,47	0,045	0,54	0,41	0,48	0,34
MP 19	-	-	0,091	0,37	0,061	0,45	-	-	
MP 20	-	-	-	-	-	0,34	-	-	
MP 21	-	-	-	-	-	0,38	-	-	
MP 22	-	-	-	-	-	-	0,16	0,36	0,34
WDMP 203	1,1	4,9	0,10	3,5	1,2	2,2	4,6	2,9	0,63
OmH NRW	0,29								
Standard- unsicherheit	0,080								

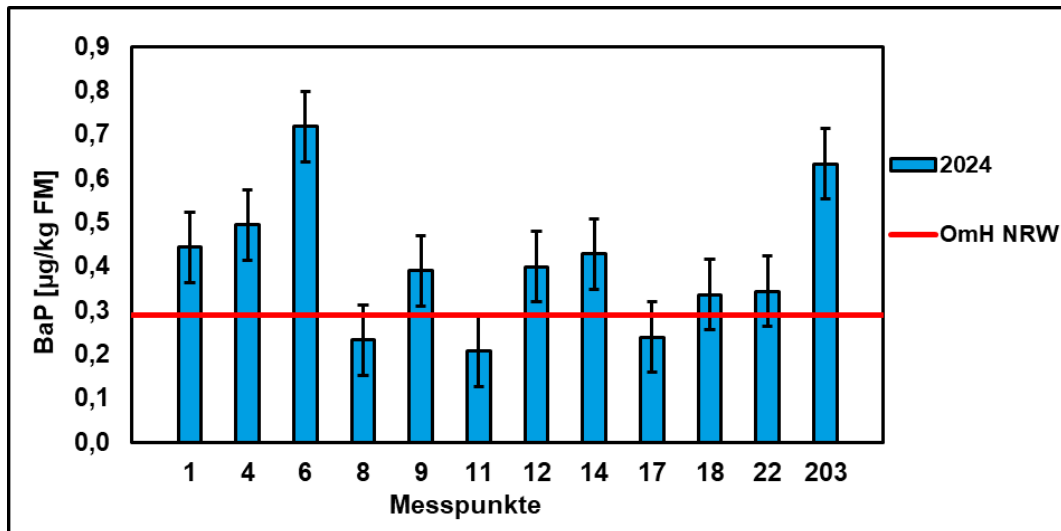


Abbildung 2: BaP-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2024) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2014 – 2023)

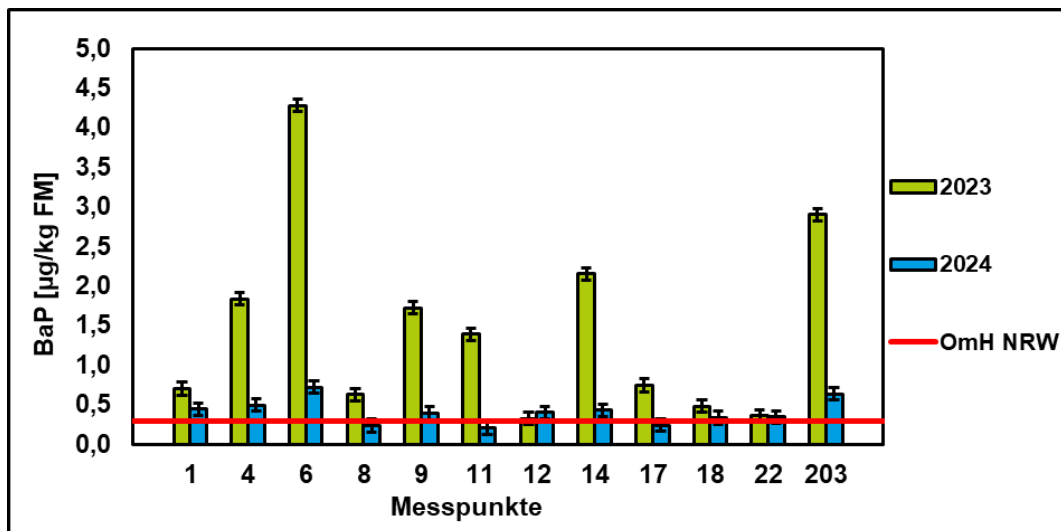


Abbildung 3: BaP-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2023 - 2024) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2014 – 2023)

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.

Tabelle 2: Gehalte an PAK 4 in Grünkohl an den Messpunkten in Bottrop in den Jahren 2018 - 2024 (Exposition „früh“: Mai bis August; Exposition „spät“: August bis November); Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW [$\mu\text{g/kg FM}$]

	PAK 4 [$\mu\text{g/kg FM}$]								
Messpunkte	2018 spät	2019 spät	2020 früh	2020 spät	2021 früh	2021 spät	2022 spät	2023 spät	2024 spät
MP 1	17	11	-	6,8	-	8,3	3,6	14	9,3
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	55	12
MP 5	57	40	-	-	-	-	-	-	
MP 6	130	120	-	140	-	52	150	130	18
MP 7	18	34	-	-	-	-	-	-	
MP 8	8,2	6,9	-	8,9	-	8,1	3,8	17	4,9
MP 9	-	41	1,4	52	5,8	25	56	50	10
MP 10	-	20	-	18	-	11	-	-	
MP 11	-	40	-	60	-	23	21	38	4,7
MP 12	-	9,4	-	5,1	-	5,9	3,2	5,5	5,3
MP 13	-	7,3	-	6,5	-	6,7	-	-	
MP 14	-	52	-	73	-	27	75	53	10
MP 15	-	15	-	-	-	-	-	-	
MP 16	-	34	-	-	-	-	-	-	
MP 17	-	-	0,76	9,7	2,8	7,2	14	16	3,5
MP 18	-	-	Ausfall	11	1,2	11	9,0	12	6,7
MP 19	-	-	2,6	7,9	1,5	7,5	-	-	
MP 20	-	-	-	-	-	6,2	-	-	
MP 21	-	-	-	-	-	6,5	-	-	
MP 22	-	-	-	-	-	-	3,0	9,0	6,6
WDMP 203	36	55	3,4	93	24	58	110	83	15
OmH NRW	5,3								
Standard- unsicherheit	1,0								

Die PAK 4-Gehalte der zwischen August und November 2024 exponierten Grünkohlpflanzen betragen zwischen 3,5 $\mu\text{g/kg FM}$ am Messpunkt 17 im Stadtteil Boy und 18 $\mu\text{g/kg FM}$ am Messpunkt 6 im Stadtteil Welheim (s. Tabelle 2 und Abbildung 4). Der OmH für NRW beträgt

5,3 µg/kg FM. Die Messpunkte 8, 11, 12 und 17 weisen abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens von 1,0 µg/kg FM einen PAK 4-Gehalt unterhalb des OmH auf. An allen anderen Messpunkten wird der OmH, teilweise auch deutlich, überschritten. Die höchsten Gehalte wurden an den Messpunkten 6 und 203 ermittelt.

Insgesamt liegen die Messwerte in dem diesjährig untersuchten Messzeitraum über alle Messpunkte hinweg auf einem niedrigeren Niveau als in den vergangenen Jahren (s. Tabelle 2 und Abbildung 5).

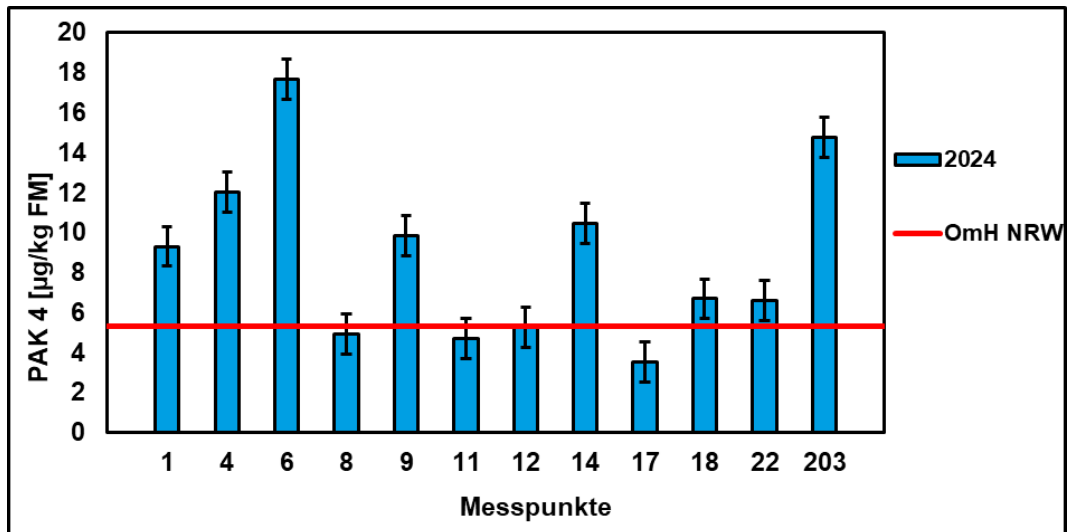


Abbildung 4: PAK 4-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2024) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2014 – 2023)

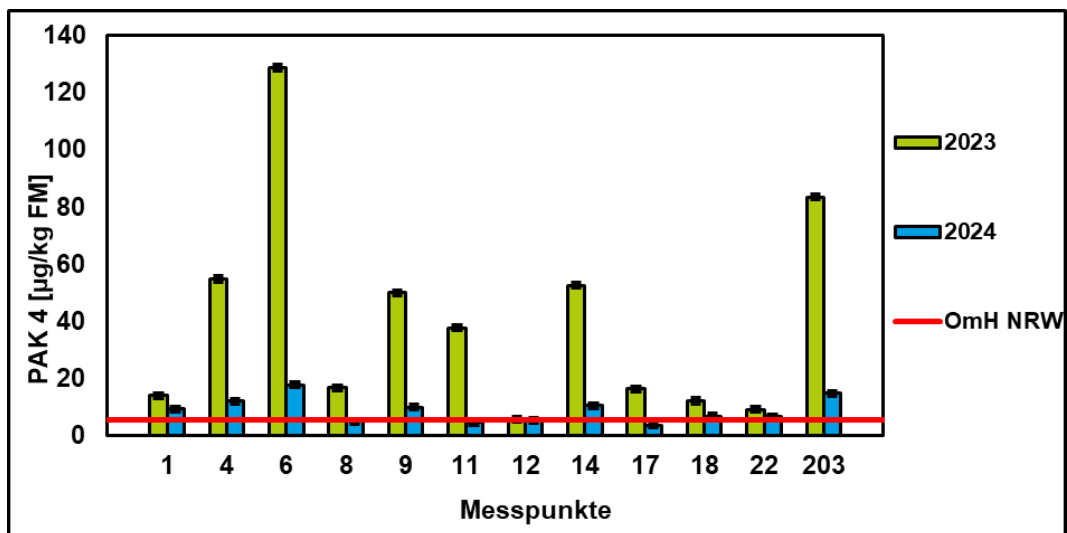


Abbildung 5: PAK 4-Gehalte in Grünkohl (Exposition von August bis November 2023 - 2024) an den Messpunkten in Bottrop inkl. Standardunsicherheit; Orientierungswert für den maximalen Hintergrundgehalt (OmH) in NRW in Grünkohl (2014 – 2023)

3.3 Räumliche Ausdehnung der Belastung

Die Windrichtungsverteilung während der Expositionszeit des Grünkohls vom 20.08 - 12.11.2024 weist als Hauptwindrichtung SW auf (s. Abbildung 6). Es gab in diesem Zeitraum aber auch größere Windanteile aus NO und ONO. Die Anteile aus den anderen Windrichtungen waren dagegen eher gering.

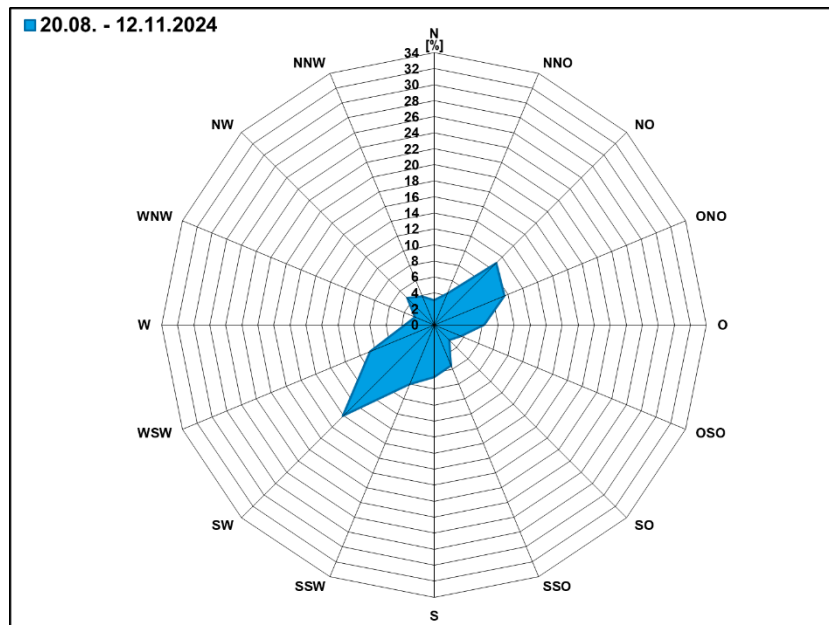


Abbildung 6: Windrichtungsverteilung in Bottrop während der Grünkohlexposition vom 20.08. – 12.11.2024

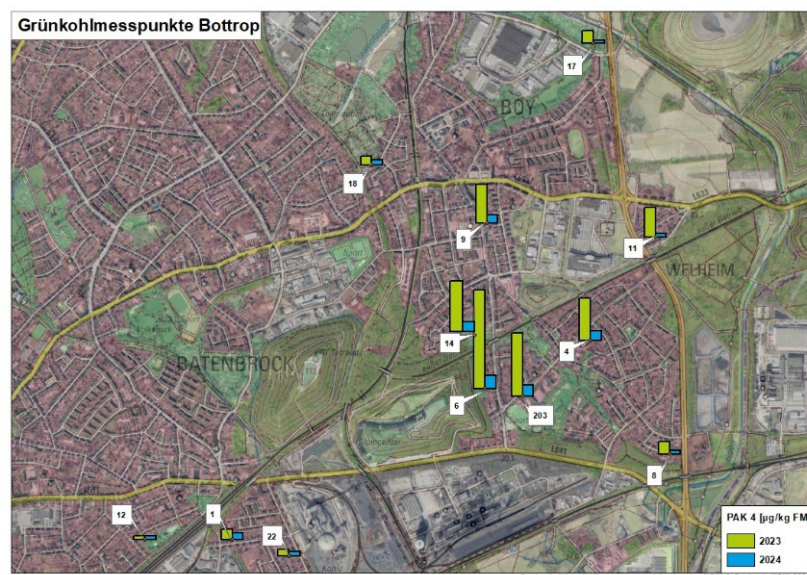


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der ermittelten PAK 4-Gehalte an den Messpunkten in Bottrop in den Expositionszeiträumen 2023 und 2024

In Abbildung 7 sind die PAK 4-Gehalte aus den Jahren 2023 und 2024 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 zu erkennen, dass die PAK 4-Gehalte in den Grünkohlpflanzen im Messjahr 2023 im westlich von der Kokerei gelegenen Stadtteil Batenbrock deutlich geringer sind als in den nordöstlich der Kokerei gelegenen Stadtteilen. Im Expositionszeitraum 2024 sind die PAK 4-Gehalte in den nordöstlich der Kokerei gelegenen Stadtteilen deutlich geringer als im Vorjahr. Dies lässt sich zum Teil durch eine veränderte Windrichtungsverteilung erklären. Während im Expositionszeitraum 2023 neben der Hauptwindrichtung Süd-West nur geringe östliche Anteile ergaben, waren im Expositionszeitraum 2024 erhebliche Anteile aus Nord-Ost sowie Ost-Nord-Ost zu verzeichnen. Allerdings führte dies nicht zu einer Erhöhung der Gehalte südwestlich der Kokerei. Nach wie vor ist ein abnehmender Gradient der Belastung zu erkennen, je weiter die Messpunkte von der Kokerei entfernt liegen (s. Abbildung 6).

3.4 Vergleich mit den Messungen im Feinstaub

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. Am 24.08.2024 wurde mit $3,47 \text{ ng/m}^3$ der höchste Wert ermittelt. Der Mittelwert für den Expositionszeitraum vom 20.08. – 12.11.2024 beträgt $0,48 \text{ ng/m}^3$ und liegt damit erneut niedriger als der im Vorjahr während des Expositionszeitraums ermittelte Wert von $0,82 \text{ ng/m}^3$, was teilweise auf eine veränderte Windverteilung im Expositionszeitraum zurückgeführt werden kann. Die Häufigkeiten stärkerer Windereignisse waren 2024 geringer als 2023, was ebenfalls zu niedrigeren Gehalten in der Hauptwindrichtung geführt haben könnte.

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 erhöhte PAK-Gehalte ermittelt wurden. Allerdings liegen die in Grünkohl ermittelten Gehalte 2024 deutlich niedriger als in 2023 und den Vorjahren. Dies ist zumindest teilweise meteorologisch durch eine gegenüber dem Vorjahr veränderte Windrichtungsverteilung sowie weniger starken Windereignissen zu erklären. Ob noch weitere Faktoren eine Rolle spielten, ist nicht zu klären. Denkbar wäre auch, dass häufigere und/ oder stärkere Regenereignisse zu niedrigeren Gehalten in den Pflanzen geführt haben.

Auch im Nahbereich westlich der Kokerei waren im Jahr 2024 die BaP- und die PAK 4-Gehalte gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht. Lediglich am Messpunkt 12 im Stadtteil Batenbrock wurde der OmH für PAK 4 nicht überschritten.

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]fluoranthren 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, 2012) 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 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 PAK 4 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. PAK 4 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. PAK 4 über den Grünkohl und der Aufnahme über andere Lebensmittel (dem sogenannten allgemeinen Warenkorb) bestimmt. In Tabelle 4 ist die durchschnittliche Exposition der Gesamtbevölkerung nach EFSA (EFSA 2008), also die Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb für eine erwachsene Person aufgeführt.

Tabelle 4: durchschnittliche Aufnahme an BaP und PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [ng/d] nach EFSA (EFSA 2008) und Aufnahme pro kg Körpergewicht für eine 70 kg schwere Person

Substanz	durchschnittliche Exposition der Gesamtbevölkerung [ng/d]	Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb (KG = 70 kg) [ng/kg KG/d]
BaP	255	3,6
PAK 4	1258	18

In Tabelle 5 wird für die zu bewertenden Grünkohlpflanzen der entsprechenden Messpunkte, die abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens oberhalb des OmH liegen, aufgeführt, welcher Gehalt an BaP und PAK 4 in der Frischmasse des Grünkohls ermittelt wurde und welche Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4 sich rein rechnerisch bei Verzehr von 250 g des 2024 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 5: BaP- und PAK 4-Gehalt [$\mu\text{g/kg FM}$] in den Nahrungspflanzen der angegebenen Messpunkte, tägliche Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb [ng/kg KG/d], tägliche Aufnahme an BaP bzw. PAK 4 über den Verzehr von 250 g Grünkohl aus Bottrop [ng/kg KG/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 [ng/kg KG/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)	
	[$\mu\text{g/kg FM}$]		[ng/kg KG/d]		[ng/kg KG/d]		[ng/kg KG/d]	
	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4
1	0,44	9,3	3,6	18	1,6	33	5,2	51
4	0,49	12	3,6	18	1,8	43	5,4	61
6	0,72	18	3,6	18	2,6	64	6,2	82
9	0,39	10	3,6	18	1,4	36	5,0	54
12	0,40	(5,3)	3,6	18	1,4	-	5,0	-

14	0,43	10	3,6	18	1,5	36	5,1	54
18	(0,34)	6,7	3,6	18	-	24	-	42
22	(0,34)	6,6	3,6	18	-	24	-	42
203	0,63	15	3,6	18	2,3	54	5,9	72

Die als Quotienten aus der entsprechenden BMDL₁₀ und der berechneten täglichen Gesamtaufnahme an BaP bzw. an PAK 4 ermittelten MOEs werden in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: 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 Gesamtaufnahme an BaP bzw. PAK 4 und der BMDL₁₀ für BaP bzw. PAK 4

Messpunkt	tägliche BaP- und PAK 4- Gesamtaufnahme über den Verzehr von 250 g Grünkohl und über den allgemeinen Warenkorb		BMDL ₁₀		MOE	
	[ng/kg KG/d]		[mg/kg KG/d]			
	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4	BaP	PAK 4
1	5,2	51	0,07	0,34	14000	6700
4	5,4	61	0,07	0,34	13000	5600
6	6,2	82	0,07	0,34	11000	4200
9	5,0	54	0,07	0,34	14000	6300
12	5,0	-	0,07	-	14000	-
14	5,1	54	0,07	0,34	14000	6300
18	-	42	-	0,34	-	8100
22	-	42	0,07	0,34	-	8100
203	5,9	72	0,07	0,34	12000	4700

Zusammenfassung der Ergebnisse

An den zur Bewertung der PAK 4-Konzentrationen vorliegenden Messpunkten (1, 4, 6, 9, 14, 18, 22, 203) sind die ermittelten PAK-Konzentrationen in den untersuchten Grünkohlpflanzen so hoch, dass sich über den Verzehr von 250 g Grünkohl, unter Berücksichtigung der PAK 4-Belastung durch die Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb, MOEs ergeben, die unterhalb eines aus gesundheitlicher Sicht vertretbaren Faktors von 10.000 liegen.

Im Hinblick auf die BaP-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen ergeben sich für alle ermittelten BaP-Konzentrationen an den zu bewertenden Messpunkten (1, 4, 6, 9, 12, 14, 203) über den Verzehr von 250 g Grünkohl, unter Berücksichtigung der BaP-Belastung durch die Aufnahme über den allgemeinen Warenkorb, MOEs, die oberhalb eines aus gesundheitlicher Sicht vertretbaren Faktors von 10.000 liegen.

Fazit

Die gesundheitliche Bewertung von PAK in den untersuchten Grünkohlpflanzen aus Bottrop 2024 erfolgt auf Basis der Belastung mit BaP (Benzo[a]pyren) sowie mit PAK 4 (Summe der Konzentrationen von Benz[a]pyren, Benzo[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthene und Chrysen) (EFSA 2008, BfR 2009).

Bei Verzehr von Grünkohl mit PAK 4-Belastungen wie sie in Bottrop in den exponierten Grünkohlpflanzen an den in Tabelle 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 werden.

Im Hinblick auf die zugeführte BaP-Konzentration über den Verzehr der Grünkohlpflanzen und den allgemeinen Warenkorb in Höhe von 3,6 ng/kg KG/d ergeben sich, an den in Tabelle 6 aufgeführten Messpunkten, MOEs, die oberhalb von 10.000 liegen.

Ergibt sich eine Exposition der Verbraucherinnen und Verbraucher gegenüber PAKs mit einem 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.

Da die über die Konzentration an PAK 4 in den Grünkohlpflanzen ermittelten MOEs für jeden Messpunkt kleiner als 10.000 sind, erfolgt die empfohlene Verzehrshäufigkeit auf Grundlage der PAK 4-Konzentrationen in den Grünkohlpflanzen.

Tabelle 7: Berechnete Verzehrshäufigkeit von 250 g Grünkohl pro Woche oder pro Monat bei einem MOE in Höhe von 10.000 jeweils auf Grundlage der PAK 4-Konzentration in den Grünkohlpflanzen unter Berücksichtigung der Zufuhr an PAK 4 über den allgemeinen Warenkorb

Messpunkt	Verzehrshäufigkeit von jeweils 250 g Gemüse pro Woche bei einem MOE in Höhe von 10.000 bezogen auf die ermittelten PAK 4-Konzentrationen
1	3/Woche
4	2-3/Woche
6	1-2/ Woche
9	3/Woche
14	3/Woche
18	4-5/Woche
22	4-5/Woche
203	2/Woche

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 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 Tabelle 7 zu entnehmen.

5 Zusammenfassung

Im Zeitraum von August bis November 2024 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 fünf von neun untersuchten Messpunkten immissionsbedingte Einträge von BaP (Messpunkte 4, 6, 9, 14 und 203) und an sechs von neun Messpunkten immissionsbedingte Einträge von PAK 4 (Messpunkte 4, 6, 9, 14, 18 und 203) gegeben hat, die zu einer Überschreitung des OmH für NRW führten. Westlich der Kokerei im Stadtteil Batenbrock wurde der OmH für PAK 4 an den der Kokerei näher gelegenen Messpunkten 1 und 22 in den Grünkohlpflanzen ebenfalls überschritten und der OmH für BaP an den Messpunkten 1 und 12.

An den Messpunkten 8, 11, 12 und 17 wurden im Jahr 2024 die PAK 4-Gehalte abzüglich der Standardunsicherheit des Verfahrens nicht überschritten.

Die in den Grünkohlpflanzen ermittelten PAK-Gehalte waren deutlich niedriger als in den Vorjahren, was zumindest teilweise meteorologisch zu begründen ist.

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 direkt nordöstlich der Kokerei gelegenen Messpunkten 4, 6, 9, 14 und 203 nur eingeschränkt verzehrt werden. Grünkohl und Blattgemüse des Messpunktes 6 sollte nicht häufiger als 1 – 2 x wöchentlich verzehrt werden, an Messpunkt 203 sollte nicht häufiger als 2 x wöchentlich Grünkohl und Blattgemüse verzehrt werden. An Messpunkt 4 sollte maximal 2 – 3 x wöchentlich und an den Messpunkten 9 und 14 maximal 3 x wöchentlich Grünkohl und Blattgemüse verzehrt werden. Trotz der im Messzeitraum 2024 ermittelten BaP- und PAK 4-Gehalte und der direkt daraus resultierenden unbedenklichen Verzehrhäufigkeit ist eine Aufrechterhaltung der bestehenden Nichtverzehrempfehlung anzuraten, da die Messwerte im Jahr 2023 deutlich höher lagen und unklar ist, worauf diese doch erhebliche Reduktion der BaP- und PAK 4-Gehalte maßgeblich zurückzuführen ist.

Die Nichtverzehrempfehlung galt auch weiterhin für den südwestlich der Kokerei gelegenen Bereich rund um die Messpunkte 1 und 22. Im Jahr 2023 wurden dort, anders als in den Vorjahren, wieder erhöhte Werte ermittelt. Auch in diesem Jahr wurden an den Messpunkten 1 und 22 immissionsbedingte Einträge festgestellt, die allerdings niedriger als 2023 lagen. Grünkohl und Blattgemüse des Messpunktes 1 sollte nicht häufiger als 3 x wöchentlich verzehrt werden und an Messpunkt 22 sollte Grünkohl und Blattgemüse nicht mehr als 4 – 5 x wöchentlich verzehrt werden. Auch hier sollte vorerst die Nichtverzehrempfehlung aufrechterhalten werden

Grünkohl und Blattgemüse des Messpunktes 18 sollte nicht häufiger als 4 – 5 x wöchentlich verzehrt werden. Die derzeitige Verzehrempfehlung besagt, dass Blattgemüse dort nicht häufiger als 2 x wöchentlich verzehrt werden sollte. Auch diese differenzierte Verzehrempfehlung sollte auf Grund der deutlich höheren Messwerte im vergangenen Jahr aufrechterhalten werden.

6 Weiteres Vorgehen

Aus den oben genannten Gründen sollte sowohl die bestehende Nichtverzehrempfehlung im unmittelbaren Einflussbereich der Kokerei in den Stadtteilen Batenbrock und Welheim als auch die differenzierte Verzehrempfehlung im Stadtteil Boy (Verzehr von selbst angebautem Blattgemüse höchstens zweimal pro Woche) weiter aufrechterhalten werden. Das Messprogramm sollte auch in 2025 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
- EFSA (2012): 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
- 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
- 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