

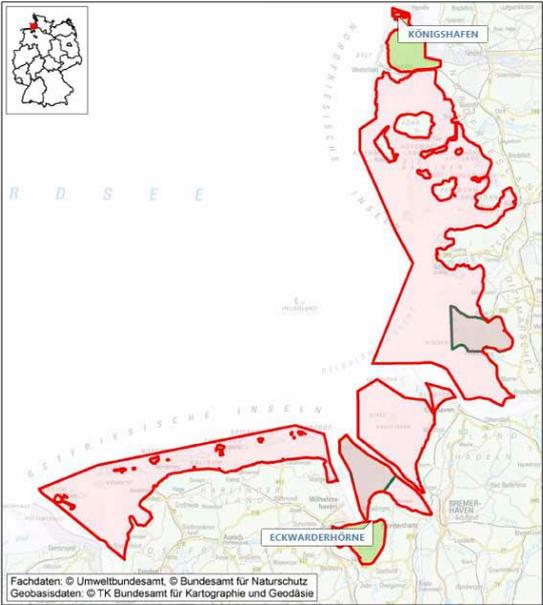
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Miesmuscheln der Nordsee		NAT-ANSDE-PAK
<b>Kernbotschaften</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Im gesamten Bewertungszeitraum (2016 – 2020) lagen die Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) in Miesmuscheln unterhalb der zulässigen Höchstgehalte von 5,0 µg/kg Frischgewicht für Benzo[a]pyren und 30,0 µg/kg FG für die Summe von 4 PAK (Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen) gemäß der Kontaminanten-Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.</li> <li>- Seit den 1990er Jahren hat die PAK-Belastung von Miesmuscheln von den Probenahmeflächen der Umweltprobenbank des Bundes im Niedersächsischen und Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer statistisch signifikant abgenommen.</li> <li>- PAK reichern sich in Muscheln an. Benzo[a]pyren und ausgewählte andere PAK werden daher im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, der EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie und der Verordnung zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln überwacht.</li> <li>- Die georeferenzierten Daten der Umweltprobenbank des Bundes zu Miesmuscheln sind prinzipiell für die Bewertung von Deskriptor 9 der EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (Schadstoffe in Lebensmitteln) geeignet (Fliedner et al., 2018). Sie decken die Küstenregionen der Nordsee (FAO/ICES Bereich 27.4.b) ab (EU 2022).</li> </ul>	
<b>Kernbewertung</b>	<p><b>a) Statusbewertung</b></p> <p>Aufgrund ihrer Toxizität und weiten Verbreitung sind PAK als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) überwacht werden.</p> <p>Für die Überwachung von PAK in Lebensmittel gelten gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 strenge Regeln hinsichtlich Probenahme und Analytik, die in Verordnung (EG) Nr. 333/2007 festgelegt sind. Zur Bewertung von Deskriptor 9 der MSRL müssen die Daten darüber hinaus georeferenziert sein, um sie bestimmten Meeresgebieten zuordnen zu können.</p> <p>Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) sammelt seit mehr als 30 Jahren deutschlandweit Umweltproben. Miesmuscheln (<i>Mytilus edulis</i>-Komplex) werden an zwei küstennahen Probenahmeflächen in der Nordsee (Eckwarderhörne im Niedersächsischen und Königshafen im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer) beprobt (Abb. 1). Die Probenahmeflächen liegen innerhalb der deutschen 12-Meilen-Zone.</p>  <p>Fachdaten: © Umweltbundesamt, © Bundesamt für Naturschutz                      Geobasisdaten: © TK Bundesamt für Kartographie und Geodäsie</p>	

Abbildung 1: Nordsee-Probenahme­flächen der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Bereich 27.4.b). Grün schattiert: Probenahme­flächen für Miesmuscheln (Eckwarderhörne, Königshafen).

Die Probenahme und -aufarbeitung ist streng standardisiert und in Standardarbeitsanweisungen festgelegt (Paulus et al., 2018). Unmittelbar nach der Entnahme werden die Proben bei <-130°C schockgefroren und im Labor unter Einhaltung der Kühlkette zu einem Homogenat vermahlen. Je Standort wird eine Jahresmischprobe erstellt, von der Unterproben bei <-130°C im Archiv der UPB gelagert werden.

Die Daten zu Miesmuscheln aus der UPB sind grundsätzlich für eine Bewertung von D9 geeignet (Fliedner et al., 2018).

Miesmuscheln sind für die betreffenden Meeresregionen relevant, im Hinblick auf die Bewertung von Quecksilber geeignet und fallen in den Geltungsbereich der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Probenahme und Aufbereitung der UPB-Proben entsprechen den Anforderungen der MSRL. Das mit der Probenahme befasste Personal ist jedoch nicht gemäß der Verordnung (EG) Nr. 333/2007 autorisiert.

Die UPB-Miesmuscheln werden einschließlich des Atemwassers verarbeitet (Paulus et al., 2018). Um den dadurch verursachten Verdünnungseffekt zu kompensieren, werden die gemessenen Konzentrationen durch Multiplikation mit einem Faktor korrigiert, der sich aus dem gemessenen Anteil des Atemwassers am Frischgewicht errechnet (Paulus et al., 2018). Für die Jahre 2016 – 2020 lag der mittlere Faktor bei 1,4.

Die in Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 aufgeführten Höchstgehalte gelten für Benzo[a]pyren und für die Summe der 4 PAK Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen. Die von der UPB verwendete Messmethode für PAK unterscheidet jedoch nicht zwischen Benzo[b]fluoranthen, Benzo[j]fluoranthen und Benzo[k]fluoranthen, sondern misst sie als Summe (hier als Benzofluoranthen[b+j+k] bezeichnet). Auch zwischen Chrysen und Triphenylen wird nicht differenziert (hier als Chrysen+Triphenylen bezeichnet). Dadurch kann es zu einer Überschätzung der Konzentration für die Summe der 4 PAK kommen.

Die Ergebnisse der Messungen aus den Jahren 2016 – 2020 sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Konzentrationen (µg/kg Frischgewicht (FG)) von Benzo[a]pyren und der Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k] und Chrysen+Triphenylen in Miesmuscheln von den Nordsee-Probenahme­flächen der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Bereich 27.4.b), sowie deren Relation zu den zulässigen Höchstgehalten gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Untersuchungszeitraum: Eckwarderhörne: 2016 – 2020; Königshafen: 2017 – 2019.

Probenahme­fläche	Konzentration <sup>1</sup> (µg/kg FG)	Zulässiger Höchstgehalt <sup>2</sup> (µg/kg FG)	Quotient Höchstgehalt / Messwert
<b>Benzo[a]pyren</b>			
Niedersächsisches Wattenmeer (Eckwarderhörne)	0,469 – 0,746	5	7 – 11
Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Königshafen)	0,148 – 0,263		19 – 34
<b>∑ 4 PAK<sup>3</sup></b>			
Niedersächsisches Wattenmeer (Eckwarderhörne)	4,49 – 6,67	30	4 – 7
Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Königshafen)	1,22 – 2,19		14 – 25

<sup>1</sup> die Konzentrationen beziehen sich auf die um das Atemwasser korrigierten Messdaten (gemessene Konzentration multipliziert mit einem Faktor von 1,4).

<sup>2</sup> zulässige Höchstgehalte für Benzo[a]pyren und für die Summe der 4 PAK Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen in frischen Muscheln gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.  
<sup>3</sup> Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k], Chrysen+Triphylen.

**b) Trendergebnis**

Abbildungen 2 und 3 zeigen die zeitlichen Verläufe der PAK-Belastungen von Miesmuscheln von den UPB-Probenahme­flächen in der Nordsee.

Seit 1992 hat die PAK-Belastung von Miesmuscheln an beiden Standorten signifikant abgenommen ( $p < 0,01$ ). Dies gilt sowohl für Benz[a]pyren als auch für die Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k] und Chrysen+Triphylen.

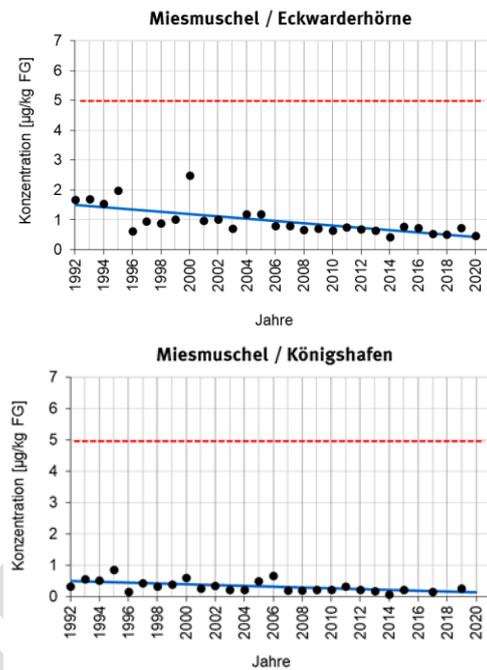
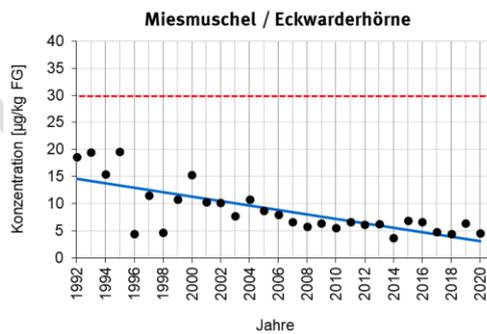
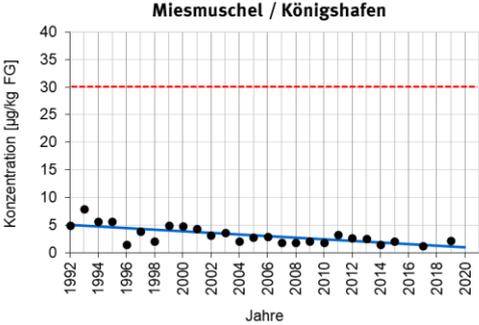


Abbildung 2: Konzentration (µg/kg Frischgewicht (FG), korrigiert um Atemwasser) an Benzo[a]pyren in Miesmuscheln von den Nordsee-Probenahme­flächen der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Bereich 27.4.b). Eckwarderhörne: Niedersächsisches Wattenmeer; Königshafen: Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Blaue Linie: linearer Trend ( $p < 0,01$ ). Rote Linie: zulässiger Höchstgehalt für Benzo[a]pyren gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.



	 <p>Abbildung 3: Summe der Konzentrationen von Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k] und Chrysen+Triphylen (<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math> Frischgewicht (FG), korrigiert um Atemwasser) in Miesmuscheln von den Nordsee-Probenahme­flächen der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Bereich 27.4.b). Eckwarderhörne: Niedersächsisches Wattenmeer; Königshafen: Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Blaue Linie: linearer Trend (<math>p &lt; 0,01</math>). Rote Linie: zulässiger Höchstgehalt für die Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.</p>
	<p><b>c) Ergebniskarten</b>                  ---</p>
<p><b>Indikatordefinition</b></p>	<p>Bewertet werden die Konzentration von Benzo[a]pyren und die Summe der Konzentrationen von Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k] und Chrysen+Triphylen im Weichkörper von Miesmuscheln (<i>Mytilus edulis</i>-Komplex) von küstennahen Probenahme­flächen der Umweltprobenbank im Niedersächsischen und Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer.</p>
<p><b>Indikatorziel</b></p>	<p>Der Indikator dient der Bewertung der Konzentration von PAK in für den menschlichen Verzehr bestimmten Fischen und Meeresfrüchten gemäß Kriterium D9C1 des Beschlusses 2017/848/EU der Kommission und somit zur Bewertung des guten Umweltzustands der Nordsee in Bezug auf Schadstoffe in Lebensmitteln (Deskriptor 9 der MSRL).</p>
<p><b>Politische Relevanz (außer MSRL)</b></p>	<p>Der Indikator dient auch dazu, die Erreichung der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) in Bezug auf Benzo[a]pyren in Krustentieren und Weichtieren zu überwachen.</p>
<p><b>Umweltziele (außer MSRL)</b></p>	<p>Die OSPAR <i>Strategy with regard to Hazardous Substances</i> hat das langfristige Ziel, in der Meeresumwelt Konzentrationen zu erreichen, die den Hintergrundwerten für natürlich vorkommende Stoffe nahe kommen und bei synthetischen Stoffen nahe Null liegen (OSPAR, 2021).</p>
<p><b>Publikationen (mit URL)</b></p>	<p>EU (2022): Fischfanggebiete. <a href="https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_de#related-links">https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_de#related-links</a>.</p> <p>Fliedner, A., Rüdell, H., Knopf, B., Lohmann, N., Paulus, M., Jud, M., Pirntke, U., Koschorreck, J. (2018): Assessment of seafood contamination under the marine strategy framework directive: contributions of the German environmental specimen bank. <i>Environmental Science and Pollution Research International</i> 25, 26939-26956. <a href="https://doi.org/10.1007/s11356-018-2728-1">https://doi.org/10.1007/s11356-018-2728-1</a>.</p> <p>OSPAR (2021): North-East Atlantic Environment Strategy. <a href="https://www.ospar.org/convention/strategy">https://www.ospar.org/convention/strategy</a>.</p> <p>Paulus, M., Klein, R., Teubner, D. (2018) Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung - Miesmuschel (<i>Mytilus edulis</i>-Komplex). Verfahrensrichtlinien für Probenahme, Transport, Lagerung und chemische Charakterisierung von Umwelt- und Humanproben, Stand: März 2018, V 2.1.0. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, Deutschland <a href="https://www.umweltprobenbank.de/upb_static/fck/download/SOP_UPB_Miesmuschel_V2.1.0_2018_de.pdf">https://www.umweltprobenbank.de/upb_static/fck/download/SOP_UPB_Miesmuschel_V2.1.0_2018_de.pdf</a>.</p>
<p><b>Zitation</b></p>	<p>BLANO (2024): Indikatorblatt Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in</p>

	Miesmuscheln der Nordsee, Anlage 1 zu: BMUV (Hrsg.) (2024): Zustand der deutschen Nordseeegewässer 2024, <a href="#">URL</a>
<b>Versionierung</b>	Letzte Änderung: 03.04.2022
	Datum der Veröffentlichung: zur Öffentlichkeitsbeteiligung 2023 (15.10.2023)
<b>Erläuterte Ergebnisse</b>	---
<b>Vertrauenswürdigkeit</b>	<b>Vertrauenswürdigkeit der Daten:</b> Die Vertrauenswürdigkeit des Indikators wird als hoch bewertet, da Datenreihen von mehr als 25 Jahren Länge vorliegen. Die Analysen werden in einem Labor durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert ist und die Kriterien der Verordnung (EG) Nr. 333/2007 beachtet.
	<b>Vertrauen in die Bewertungsmethode des Indikators:</b>
	<b>Vertrauen in den Schwellenwert:</b>
<b>Schlussfolgerungen</b>	Die PAK-Konzentrationen in Miesmuscheln von küstennahen Probenahme­flächen im Biosphären Reservat/Nationalpark Niedersächsisches und Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer nehmen seit Jahren ab. An beiden Probenahme­flächen werden die zulässigen Höchstgehalte von 5,0 µg/kg FG für Benzo[a]pyren und 30 µg/kg FG für die Summe von Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen in Muscheln gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 seit den 1990er Jahren unterschritten (in 2016 – 2020 lagen die Quotienten aus Höchstgehalt und gemessener Konzentration zwischen 4 und 34). Die Bewertung basiert auf Daten der Umweltprobenbank, die grundsätzlich für eine D9 Bewertung geeignet sind.
<b>Ausblick</b>	Es sollte regelmäßig überprüft werden, ob die Trends für PAK in Miesmuscheln weiterhin abnehmen.
<b>Methode</b>	<b>Verhältnis zu regionalen Bewertungssystemen:</b> OSPAR Bewertungsschwelle für Benzo[a]pyren Human Health 5,0 µg/kg Frischgewicht in Muscheln gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.
	<b>Bewertete Elemente und Kriterien für ihre Auswahl:</b>
	<b>Bewertungsskala und Berichtseinheit (inkl. MRU-ID):</b>
	<b>Bewertungszeitraum:</b> - Biota: 2016 – 2021
	<b>Methode zur Berechnung des Indikators:</b>
	<b>Einheit des Indikators:</b> - Lebensmittel und Biota: µg/kg Frischgewicht
	<b>Referenz- und Schwellenwerte und Methode zu ihrer Ableitung:</b> 5 µg/kg Frischgewicht für Benzo[a]pyren und 30 µg/kg Frischgewicht für die Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthen und Chrysen gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Die Schwellenwerte gelten für frische Muscheln, die für den menschlichen Verzehr vorgesehen sind.
	<b>Verzeichnis verwendeter Literatur (inkl. URL):</b> Siehe unter Publikationen
<b>Deskriptor</b>	D9 – Schadstoffe in Lebensmitteln
<b>GES-Kriterium</b>	D9C1
<b>MSRL-Umweltziel</b>	UZ 2.5 Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen.

**ENTWURF** Indikatorblatt: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Miesmuscheln der Nordsee  
Aus Anlage 1 zum Zustand der deutschen Nordseegewässer 2024 (Art. 8-10 MSRL)

<b>Merkmal (Anhang III)</b>	Kontamination durch gefährliche Stoffe
<b>Datenquellen</b>	Website der Umweltprobenbank <a href="https://www.umweltprobenbank.de/de">https://www.umweltprobenbank.de/de</a>
<b>Bewertungsdaten</b>	Link zu den Messdaten (ohne Atemwasserkorrektur): <a href="https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/investigations/results?genders=0&amp;measurement_params=10044+10045+10047+10203&amp;sampling_areas=10062+10070&amp;specimen_types=10023">https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/investigations/results?genders=0&amp;measurement_params=10044+10045+10047+10203&amp;sampling_areas=10062+10070&amp;specimen_types=10023</a>
<b>INSPIRE Thema</b>	Umweltüberwachung
<b>Zugangs- und Nutzungsbedingungen</b>	Es handelt sich um Daten der Umweltprobenbank Deutschland. Die Daten sind frei zugänglich.
<b>Ansprechpartner</b>	Ulrike Pirntke (Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, FG II 2.3 Meeresschutz)

ENTWURF