

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Miesmuscheln der Ostsee		NAT-BALDE-PAK
Kernbotschaften	<ul style="list-style-type: none"> – 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. – Seit den 1990er Jahren hat die PAK-Belastung von Miesmuscheln von der Probenahme­fläche der Umweltprobenbank des Bundes im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft (Darßer Ort) statistisch signifikant abgenommen. – PAK reichern sich in Muscheln an. Benzo[a]pyren und ausgewählte andere PAK werden daher im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie, der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie und der Verordnung zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln überwacht. – Die georeferenzierten Daten der Umweltprobenbank des Bundes zu Miesmuscheln sind prinzipiell für die Bewertung von Deskriptor 9 der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (Schadstoffe in Lebensmitteln) geeignet (Fliedner et al. 2018). Sie decken die Küstenregion der Ostsee westlich von Bornholm (FAO/ICES Unterbereich 27.3d.24) ab (EU 2022). 	
Kernbewertung	<p>a) Statusbewertung</p> <p>Aufgrund ihrer Toxizität und weiten Verbreitung sind PAK als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft, die im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der EU-Meeresstrategie-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 einer küstennahen Probenahme­fläche in der Ostsee (Darßer Ort im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft) beprobt (Abb. 1). Die Probenahme­fläche liegt innerhalb der deutschen 12-Meilen-Zone.</p> <div data-bbox="475 1413 1050 2045" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> Fachdaten: © Umweltbundesamt, © Bundesamt für Naturschutz Geobasisdaten: © TK Bundesamt für Kartographie und Geodäsie </p> </div>	

	<p>Abbildung 1: Ostsee-Probenahme­flächen der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Unterbereich 27.3d.24). Grün schattiert: Probenahme­fläche für Miesmuscheln im Nordosten der Halbinsel Fischland/Darß/Zingst.</p> <p>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. Es wird eine Jahresmischprobe erstellt, von der Unterproben bei <-130°C im Archiv der UPB gelagert werden.</p> <p>Die Daten zu Miesmuscheln aus der UPB sind grundsätzlich für eine Bewertung von D9 geeignet (Fliedner et al., 2018).</p> <p>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.</p> <p>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 1,9.</p> <p>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.</p> <p>Die Ergebnisse der Messungen aus den Jahren 2016 – 2020 sind in Tabelle 1 zusammengefasst.</p> <p>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 der Ostsee-Probenahme­fläche der Umweltprobenbank (Küstenregion von FAO/ICES Unterbereich 27.3d.24), sowie deren Relation zu den zulässigen Höchstgehalten gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Untersuchungszeitraum 2016 – 2020.</p> <table border="1" data-bbox="464 1473 1401 1684"> <thead> <tr> <th></th> <th>Konzentration¹ (µg/kg FG)</th> <th>Zulässiger Höchstgehalt² (µg/kg FG)</th> <th>Quotient Höchstgehalt / Messwert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Benzo[a]pyren</td> <td>0,062 – 0,418</td> <td>5</td> <td>12 – 81</td> </tr> <tr> <td>∑ 4 PAK³</td> <td>1,02 – 4,80</td> <td>30</td> <td>6 – 30</td> </tr> </tbody> </table> <p>¹ die Konzentrationen beziehen sich auf die um das Atemwasser korrigierten Messdaten (gemessene Konzentration multipliziert mit einem Faktor von 1,9).</p> <p>² 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.</p> <p>³ Summe aus Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k], Chrysen+Triphenylen.</p>		Konzentration ¹ (µg/kg FG)	Zulässiger Höchstgehalt ² (µg/kg FG)	Quotient Höchstgehalt / Messwert	Benzo[a]pyren	0,062 – 0,418	5	12 – 81	∑ 4 PAK ³	1,02 – 4,80	30	6 – 30
	Konzentration ¹ (µg/kg FG)	Zulässiger Höchstgehalt ² (µg/kg FG)	Quotient Höchstgehalt / Messwert										
Benzo[a]pyren	0,062 – 0,418	5	12 – 81										
∑ 4 PAK ³	1,02 – 4,80	30	6 – 30										
	<p>b) Trendergebnis</p> <p>Abbildungen 2 und 3 zeigen die zeitlichen Verläufe der PAK-Belastungen von Miesmuscheln von der UPB-Probenahme­fläche in der Ostsee. Seit 1993 hat die PAK-Belastung von Miesmuscheln von der Probenahme­fläche Darßer Ort signifikant abgenommen (p</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.

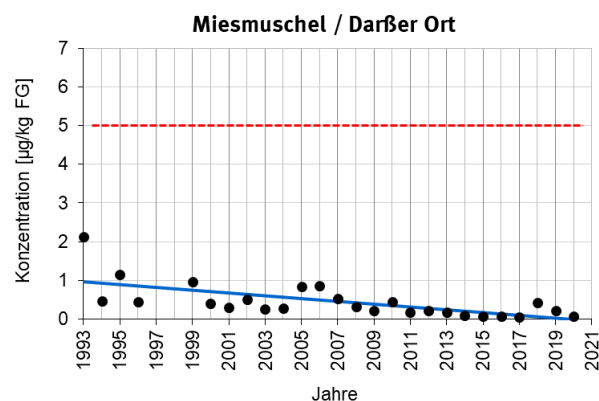


Abbildung 2: Konzentration (µg/kg Frischgewicht (FG), korrigiert um Atemwasser) an Benzo[a]pyren in Miesmuscheln von der Ostsee-Probenahme­fläche der Umweltprobenbank im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft (Darßer Ort, Küstenregion von FAO/ICES Unterbereich 27.3d.24). Blaue Linie: linearer Trend ($p < 0,01$). Rote Linie: zulässiger Höchstgehalt für Benzo[a]pyren gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.

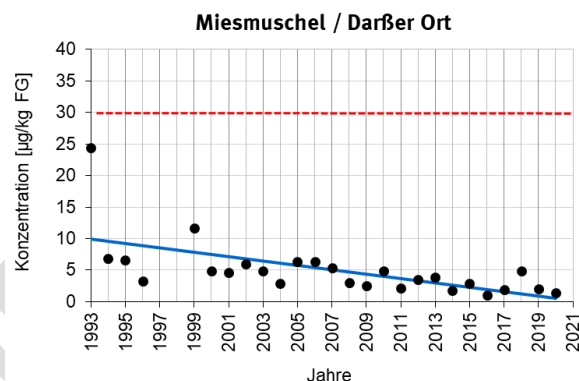


Abbildung 3: Summe der Konzentrationen von Benzo[a]pyren, Benz[a]anthracen, Benzofluoranthen[b+j+k] und Chrysen+Triphylen (µg/kg Frischgewicht (FG), korrigiert um Atemwasser) in Miesmuscheln von der Ostsee-Probenahme­fläche der Umweltprobenbank im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft (Darßer Ort, Küstenregion von FAO/ICES Unterbereich 27.3d.24). Blaue Linie: linearer Trend ($p < 0,01$). 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.

	c) Ergebniskarten ---
Indikatordefinition	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 der küstennahe Probenahme­fläche der Umweltprobenbank im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft.
Indikatorziel	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 Ostsee in Bezug auf Schadstoffe in Lebensmitteln (Deskriptor 9 der MSRL).
Politische Relevanz (außer MSRL)	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.

Umweltziele (außer MSRL)	Die HELCOM <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 (HELCOM, 1998).
Publikationen (mit URL)	<p>EU (2022): Fischfanggebiete. https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_de#related-links.</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. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2728-1.</p> <p>HELCOM (1998): HELCOM Objective with regard to Hazardous Substances. HELCOM Recommendation 19/5. Helsinki Commission, Helsinki, Finland. HELCOM 19/98, 15/1, Annex 18. https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/06/Rec-19-5.pdf.</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 https://www.umweltprobenbank.de/upb_static/fck/download/SOP_UPB_Miesmuschel_V2.1.0_2018_de.pdf.</p>
Zitation	BLANO (2024): Indikatorblatt Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Miesmuscheln der Ostsee, Anlage 1 zu: BMUV (Hrsg.) (2024): Zustand der deutschen Nordseegewässer 2024, URL
Versionierung	<p>Letzte Änderung: 03.04.2022</p> <p>Datum der Veröffentlichung: zur Öffentlichkeitsbeteiligung 2023 (15.10.2023)</p>
Erläuterte Ergebnisse	---
Vertrauenswürdigkeit	<p>Vertrauenswürdigkeit der Daten: 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.</p> <p>Vertrauen in die Bewertungsmethode des Indikators:</p> <p>Vertrauen in den Schwellenwert:</p>
Schlussfolgerungen	<p>Die PAK-Konzentrationen in Miesmuscheln von einer küstennahen Probenahme- fläche im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft nimmt seit Jahren ab.</p> <p>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 werden seit Beginn der Untersuchungen in 1993 unterschritten (in 2016 – 2020 lagen die Quotienten aus Höchstgehalt und gemessener Konzentration zwischen 6 und 81).</p> <p>Die Bewertung basiert auf Daten der Umweltprobenbank, die grundsätzlich für eine D9 Bewertung geeignet sind.</p>
Ausblick	Es sollte regelmäßig überprüft werden, ob die Trends für PAK in Miesmuscheln weiterhin abnehmen.
Methode	<p>Verhältnis zu regionalen Bewertungssystemen: OSPAR Bewertungsschwelle für Benzo[a]pyren Human Health 5,0 µg/kg Frischgewicht in Muscheln gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.</p> <p>Bewertete Elemente und Kriterien für ihre Auswahl:</p> <p>Bewertungsskala und Berichtseinheit (inkl. MRU-ID):</p>

	<p>Bewertungszeitraum: - Biota: 2016 – 2021</p> <p>Methode zur Berechnung des Indikators:</p> <p>Einheit des Indikators: - Lebensmittel und Biota: µg/kg Frischgewicht</p> <p>Referenz- und Schwellenwerte und Methode zu ihrer Ableitung: 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.</p> <p>Verzeichnis verwendeter Literatur (inkl. URL): Siehe unter Publikationen</p>
Deskriptor	D9 – Schadstoffe in Lebensmitteln
GES-Kriterium	D9C1
MSRL-Umweltziel	UZ 2.5 Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen.
Merkmal (Anhang III)	Kontamination durch gefährliche Stoffe
Daten-quellen	Website der Umweltprobenbank https://www.umweltprobenbank.de/de
Bewertungsdaten	Link zu den Messdaten (ohne Atemwasserkorrektur): https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/investigations/results?genders=0&measurement_params=10044+10045+10047+10203&sampling_areas=10057&specimen_types=10023
INSPIRE Thema	Umweltüberwachung
Zugangs- und Nutzungsbedingungen	Es handelt sich um Daten der Umweltprobenbank Deutschland. Die Daten sind frei zugänglich.
Ansprechpartner	Ulrike Pirntke (Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, FG II 2.3 Meeresschutz)