



# OSTSEE-REPORT: TOTE ZONEN VOR DER KÜSTE

GREENPEACE-MESSTOUR MIT DER BELUGA II 2018/2019

[www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)

**GREENPEACE**

# INHALT

<b>EINLEITUNG</b>	
<b>VERLUST DER ARTENVIELFALT DURCH ÜBERDÜNGUNG</b>	05
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	
<b>ERGEBNISSE DER MESSTOUR UND FORDERUNGEN VON GREENPEACE</b>	10
<b>1. SAUERSTOFFMESSUNGEN ÜBER DEM MEERESGRUND</b>	13
<b>1.1. DEUTSCHE OSTSEEKÜSTE</b>	
<b>FLENSBURGER FÖRDE</b>	16
<b>ECKERNFÖRDER BUCHT / KIELER FÖRDE</b>	18
<b>MECKLENBURGER BUCHT / LÜBECKER BUCHT / WISMARER BUCHT</b>	20
<b>GREIFSWALDER BODDEN / PEENEMÜNDE / STETTINER HAFF</b>	23
<b>1.2. POLNISCHE OSTSEEKÜSTE</b>	
<b>SWINEMÜNDE BIS DANZIGER BUCHT</b>	26
<b>1.3. DÄNISCHE OSTSEEKÜSTE</b>	
<b>RUND UM FÜNEN</b>	28
<b>2. NÄHRSTOFFE IN ZUFLÜSSEN DER OSTSEE</b>	32
<b>3. MULTIRESISTENTE KEIME IN OSTSEE UND ZUFLÜSSEN</b>	45
<b>4. PESTIZIDE UND TIERARZNEIMITTEL IN ZUFLÜSSEN DER OSTSEE</b>	48
<b>METHODIK</b>	54

## EINLEITUNG

# VERLUST DER ARTENVIELFALT DURCH ÜBERDÜNGUNG

Die Belastung der Oberflächengewässer mit Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor aus Gülle und anderen Düngemitteln gefährdet nicht nur die Qualität des Trinkwassers, sondern auch die Artenvielfalt in Seen, Flüssen und Meeren, insbesondere in den Küstengebieten. Stickstoff und Phosphat wirken als Pflanzennährstoff. Sie verändern Flora und Fauna und können in Nord- und Ostsee zu massenhaften Algenblüten und in der Folge zu Sauerstoffmangel führen. Die Veränderung des natürlichen Stickstoff- und Phosphorkreislaufs durch moderne industrielle Agrarpraktiken kann unser Planet nicht verkraften.<sup>1</sup>

Die Eutrophierung (Überdüngung) verdrängt an niedrige Nährstoffkonzentrationen angepasste Arten. Algen und Cyanobakterien können sich dagegen stark vermehren. Der mikrobielle Abbau der Biomasse verbraucht Sauerstoff und der Sauerstoffmangel führt vor allem in größeren Tiefen zu sogenannten toten Zonen, in denen das marine Leben in Nord- und Ostsee regional abstirbt. Einige Blaualgen können außerdem Giftstoffe bilden, die das Baden in betroffenen Gewässern zur Gefahr machen.

Die Eutrophierung stellt eines der größten Probleme der Ostsee dar, das sich im Zuge der Erderhitzung noch verschärfen wird. Steigende Wassertemperaturen führen zu einer geringeren maximalen Sauerstoffaufnahmekapazität des Wassers und unterstützen die Eutrophierungseffekte, indem die Phase der biologischen Produktion im Jahresverlauf verlängert wird und so z. B. die Algenblüte früher im Jahr stattfindet.

Deshalb ist es nach Einschätzung von Wissenschaftlern dringend geboten, die im „Baltic Sea Action Plan“<sup>2</sup> von den Ostseeanrainerstaaten beschlossenen Maßnahmen konsequent umzusetzen und den Eintrag von Nährstoffen in die Ostsee deutlich zu reduzieren. Bislang würden die Beschlüsse nur schleppend umgesetzt, merken die Experten des Instituts für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) in einer kürzlich veröffentlichten Erklärung an. Dabei mehren sich in der Wissenschaft die Stimmen, die angesichts der sich verschärfenden Klimakrise eine höhere Reduktionsrate der Nährstoffe fordern.<sup>3</sup>

Während die großen Senken der offenen Ostsee zu den am besten untersuchten Gebieten der Welt gehören und relativ genaue Aussagen über die Ursachen der Eutrophierung und den ökologischen Zustand getroffen werden können, liegen bislang wenige Daten zur Belastung der Küstengebiete durch erhöhte Nährstoffkonzentrationen vor.<sup>4</sup>

Greenpeace hat bereits im Frühjahr und Sommer 2018 in umfangreichen Untersuchungen Belastungen durch Nährstoffkonzentrationen sowie multiresistente Keime<sup>5</sup>, Pestizide und Tierarzneimittel<sup>6</sup> in europäischen und deutschen Flüssen, Seen und Bächen nachgewiesen. Während einer Messtour im Sommer 2018 wurden Proben aus Oberflächengewässern in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen



Auf der Brücke der Beluga II plant die Besatzung Probenahmen und Messungen.

untersucht. Die Proben waren von Unterstützern entnommen worden und wurden von Greenpeace vor Ort analysiert.

Die Untersuchungen werden ergänzt durch Untersuchungen der in diesem Report beschriebenen Schiffs-Messtour auf der Ostsee vor den Küsten Deutschlands, Dänemarks und Polens. Vom Greenpeace-Aktionsschiff Beluga II aus wurden Sauerstoffkonzentrationen am Meeresgrund gemessen und zusätzlich Wasserproben aus Ostsee-Zuflüssen (Bäche, Flüsse) auf die Nährstoffe Nitrat und Phosphat sowie multiresistente Keime untersucht. An einigen ausgewählten Orten wurden zusätzlich Wasserproben für die Untersuchung von Pestiziden und Tierarzneimitteln entnommen. Diese Proben wurden auch auf in der Landwirtschaft verwendete Metallverbindungen getestet.

Der erste Teil der Tour startete im September 2018 in der Dänischen Südsee und endete Mitte Oktober in der Bucht von Danzig. In Dänemark und Deutschland (Lübecker Bucht, Fehmarn) wurden ausgewählte Probenentnahmeorte im Abstand einiger Wochen ein zweites Mal aufgesucht. Zusätzlich wurden in den deutschen Ostsee-Zuflüssen in regelmäßigen Abständen bis Februar 2019 Wasserproben entnommen, um zu ermitteln, wie sich die Werte verändern, wenn die zunehmenden Regenfälle nach der langen Trockenheit des Sommers Nährstoffe von den Äckern über Bäche und Flüsse in die Ostsee schwemmen.

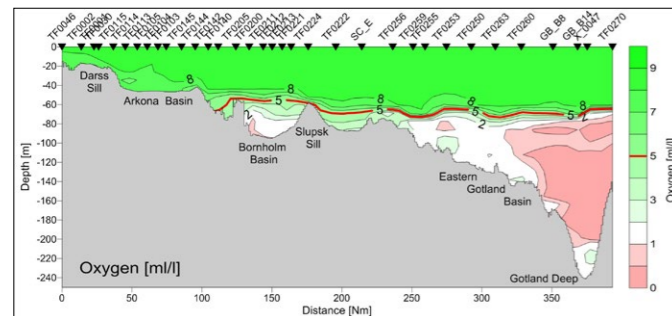
Ein Teil der Proben konnte direkt nach der Entnahme in einem mobilen Labor an Bord der Beluga II photometrisch auf Nitrat untersucht werden. Die Analyse von weiteren Nährstoffen (insbesondere Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor) und von multiresistenten Keimen übernahmen akkreditierte externe Labore. Die Wissenschaftler der Greenpeace Research Laboratories im britischen Exeter prüften die Belastung der Proben mit Pestiziden und Tierarzneimitteln.

# GÜLLE IST GIFT FÜR DIE OSTSEE

## HINTERGRUND

### GRÖSSTE TOTE ZONEN WELTWEIT

Die Ostsee wird häufig als das Meer mit den größten anthropogenen, also von Menschen verursachten, Todeszonen der Welt beschrieben. Das Gebiet dieser Zonen in der Ostsee hat sich in den vergangenen 100 Jahren auf gut 60.000 Quadratkilometer verzehnfacht und umfasst damit eine Fläche, die insgesamt zweimal so groß ist wie die Belgiens.<sup>7</sup> Wegen seiner geologischen Struktur ist das ökologische Gleichgewicht in dem weitgehend von den Weltmeeren abgeschirmten Randmeer besonders empfindlich.<sup>8,9</sup> Der Klimawandel verstärkt die Eutrophierungseffekte in der Ostsee, da steigende Wassertemperaturen die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser herabsetzen.<sup>10</sup> Studien belegen, dass der erhöhte Nährstoffeintrag in das baltische Meer einen bedeutenden Anteil an der Entstehung der toten Zonen hat.<sup>11,12</sup>



**Gotlandbecken:** Tiefenprofil mit Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff in der Ostsee zwischen dem Darß und Schweden. Ab einer Konzentration unter 4 mg/l wird das marine Leben für sauerstoffabhängige Organismen kritisch. Ab einer Konzentration von weniger als 2 mg/l spricht man von „Todeszonen“ oder „toten Zonen“. Diese sind ab Wassertiefen unterhalb von 70 m weit verbreitet.<sup>13</sup>

### BELASTUNG DURCH KLIMAWANDEL

Durch den begrenzten Wasseraustausch an der Meerenge zwischen Dänemark und Norwegen verbleibt das Wasser im Schnitt 30 Jahre in der Ostsee.<sup>14</sup> Aus diesem Grund findet nur selten eine Belüftung der baltischen Gewässer statt, die dem Sauerstoffmangel (Hypoxie) entgegenwirken könnte. Weil nur wenig Salzwasser aus der Nordsee einströmt und große Mengen nährstoffreiches Süßwasser aus Flüssen und Bächen in die Ostsee fließen, ist der Salzwassergehalt vergleichsweise gering.<sup>15</sup> Charakteristisch für die Ostsee ist der permanente Aufbau unterschiedlich starker saliner Schichten. Bei wenig Durchmischung der Wassersäule ist der Übergang von niedriger zu hoher Salzkonzentration häufig als Sprungschicht ausgeprägt (Halokline), verbunden mit ebenfalls sprunghafter Änderung der Konzentration des gelösten Sauerstoffs von hoch zu niedrig. Eine vertikale Durchmischung und damit der Transport von Sauerstoff in bodennahe Schichten findet kaum statt. Ergebnisse von Schiffsexpeditionen des IOW zeigen die Ausmaße der fortgeschrittenen Ausbildung von Todeszonen in der Ostsee: Besonders sauerstoffarme Bereiche machten die Forscher in den tiefen Wasserschichten des Gotlandbeckens aus.<sup>16</sup>

Steigt die durchschnittliche Wassertemperatur in den oberen Gewässerschichten, hat dies eine geringere Durchmischung zur Folge. In Modellierungen wurde ein Temperaturanstieg der baltischen Gewässer um bis zu 4 °C von 1960 bis 2100 prognostiziert.<sup>17</sup> Schon im vergangenen Jahrhundert haben sich die baltischen Gewässer um 2 °C erwärmt. Zudem haben sich die Niederschlagsmengen durch den Klimawandel erhöht. Damit sind auch die Nährstofffrachten der Zuflüsse in den küstennahen Gebieten gestiegen.<sup>18</sup>

Andere Faktoren wie die verbesserte Reinigung von kommunalen und industriellen Abwässern sorgen dafür, dass in den vergangenen Jahrzehnten insgesamt ein Rückgang des Nährstoffeintrags in die Ostsee zu beobachten ist. Dennoch blieb eine Verbesserung des ökologischen Zustands aus.<sup>19</sup> Die Erklärung liefert der positive Feedback-Mechanismus: Der durch den Klimawandel induzierte Temperaturanstieg fördert die Primärproduktion von Algen und Bakterien. Der sauerstoffzehrende Abbau abgestorbener Organismen verstärkt wiederum die Sauerstoffverarmung. Die entstehenden anoxischen Gebiete rufen die Freisetzung von Phosphat aus Sedimenten hervor. Dieser Kaskaden-Mechanismus verstärkt die allgemeine Eutrophierung der Ostsee.<sup>20</sup>

### GIFTFRACHT AUS DEN FLÜSSEN

Nährstoffeinträge können auch atmosphärischen Ursprungs sein, also aus der Luft oder aus diffusen Quellen sowie Punktquellen in die Ostsee gelangen. Dabei kommt auch hier dem Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft eine besondere Bedeutung zu. So wird geschätzt, dass 60 Prozent der Phosphateinträge in die Ostsee aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen stammen.<sup>21</sup>

Aufgrund europaweiter Bemühungen, den Nährstoffeintrag über Flüsse in die Ostsee zu verringern, konnte im Zeitraum zwischen 1985 und 2005 ein Rückgang der Einträge in das Binnenmeer erreicht werden. Dabei hat sich der Phosphateintrag um 76 Prozent verringert.<sup>22</sup> Der Nitratreintrag ging um 50 Prozent zurück. Zwischen 2006 und 2008 war der Phosphateintrag im Vergleich zu den Vorjahren wiederum leicht erhöht, während der Stickstoffeintrag um 8 Prozent sank.<sup>23</sup>

Über die deutschen Flüsse wurden 2010 insgesamt 29.738 Tonnen Stickstoff und 780 Tonnen Phosphat in die Ostsee eingeleitet. Rund die Hälfte gelangte über die Trave in das Binnenmeer, 29 Prozent über die Peene, 17 Prozent über die Warnow und vier Prozent kamen aus der Schwentine.<sup>24</sup> Unter den Flüssen der angrenzenden Länder ist die Oder die dominierende Eintragsquelle: Zwischen 2008 und 2010 lag der mittlere Eintragswert der Oder bei 82.000 Tonnen Stickstoff und 4.800 Tonnen Phosphor pro Jahr und überstieg damit deutsche Nährstofffrachten um das Vier- beziehungsweise Neunfache.<sup>25</sup>

Um die international für die Ostsee geltenden Richtlinien von Nährstofffrachten erreichen zu können, müssten die Stickstoff- und Phosphoreinträge weiterhin erheblich reduziert werden.

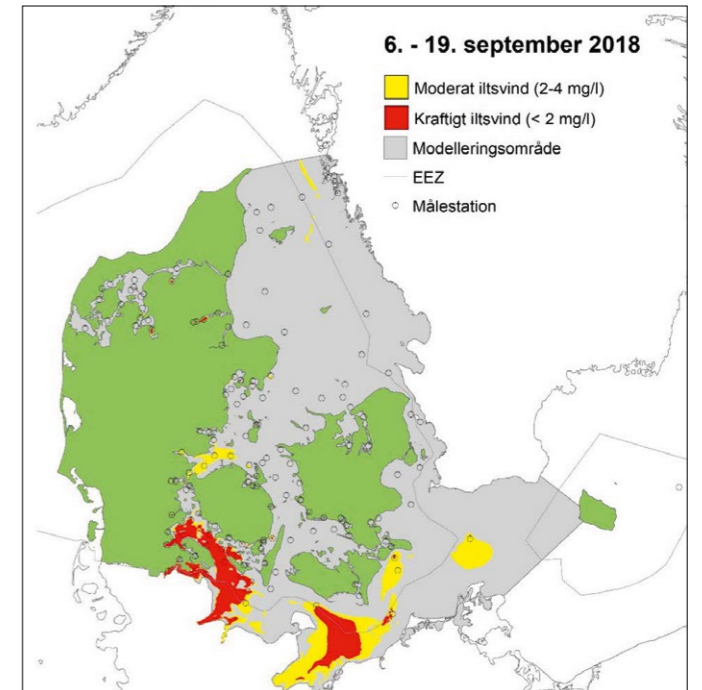
### ÜBERDÜNGUNG UND ALGENBLÜTEN

Im Zeitraum von 2007 bis 2012 erreichte keines der deutschen Ostsee-Küstengebiete den ökologisch guten Zustand nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).<sup>26,27</sup> Laut Untersuchungen aus dieser Periode sind alle Küstengebiete von Eutrophierung betroffen. Lediglich in offenen Buchten konnten vereinzelt die HELCOM-Richtlinien erreicht werden.<sup>28</sup> Sowohl für Chlorophyll-a-Konzentrationen als auch für geltende Sichttiefen wurden alle Richtwerte konstant verfehlt. Zudem wurde Massenvermehrungen von Cyanobakterien („Algenblüte“) an vielen Stränden und in Buchten festgestellt.<sup>29</sup>

Im Jahr 2017 wurde Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) in der Flensburger Förde, in der Geltinger, Kieler, Mecklenburger, Lübecker, und der Neustädter Bucht nachgewiesen.<sup>30</sup> Schwefelwasserstoff wird bei anaeroben Zersetzungsprozessen gebildet und ist somit ein Indikator für tote Zonen. In Küstengebieten wurde der Sauerstoffzielwert von vier Milligramm pro Liter in 90 Prozent der bodennahen Schichten verfehlt.<sup>31</sup> In weniger tiefen Wasserschichten lagen die Ergebnisse an 57 Prozent der Messstellen unter dem Zielwert von sechs Milligramm pro Liter. Somit ist 2017 der Sauerstoffzustand küstennaher Gebiete der westlichen Ostsee schlechter als im Vorjahr.<sup>32</sup> Insgesamt sind nach der WRRL-Zustandsbewertung 97 Prozent der Fließgewässer, 82 Prozent der Seen und 100 Prozent der Küstengewässer in keinem guten ökologischen Zustand.<sup>33</sup>

### PHOSPHOR UND NITRAT

Die dänischen Gewässer sind in weiten Teilen von Sauerstoffmangel betroffen. Besonders der Mariager Fjord, der Kleine Belt, der Haderslev Fjord und das Fünen-Archipel wiesen 2018 in großen Teilen Sauerstoffkonzentrationen von unter zwei Milligramm pro Liter auf. Am Meeresgrund wurde teilweise kein Sauerstoff mehr registriert, hingegen aber die Freisetzung von Schwefelwasserstoff festgestellt.<sup>34</sup>



**Sauerstoffkonzentrationen in dänischen Ostsee-Gewässern 2018, Quelle: Hansen J. W., Rytter D. (2018)<sup>35</sup>**

Stark belastete Gebiete der polnischen Küstengewässer sind der Golf von Danzig und die Pommersche Bucht, da hier erhebliche Flussfrachten einlaufen. Als Quelle kommt die Landwirtschaft infrage, aber auch die unzureichende Klärung von kommunalen Abwässern und Einleitungen der Industrie könnten eine Rolle spielen.

Das Frische Haff weist hohe Phosphor- und Nitratkonzentrationen bei eingeschränkten Sichttiefen auf. Die Flussfrachten der Oder führen vor allem im Stettiner Haff zu Sauerstoffmangel, immer wieder auftretenden Algenblüten und geringer Sichttiefe. Auffällig ist, dass in den Regionen entlang des Flusses viele Schweinemastfarmen angesiedelt sind.

### SAUERSTOFFZEHRUNG UND FAULGASE

Überdüngung führt zu einem vermehrten Auftreten von Algenblüten – unter anderem vermehren sich giftige Cyanobakterien massenhaft.<sup>36</sup> So war die Ostsee im Jahr 2010 zu 90 Prozent mit einer Cyanobakterien-Algenblüte bedeckt.<sup>37</sup> Aufgrund des vermehrten Algenwachstums verringert sich die Sichttiefe in betroffenen Gebieten. Im Arkona-Becken betrug sie vor gut 100 Jahren zehn Meter, jetzt liegt sie bei rund sieben Metern.<sup>38</sup> Pflanzen wie Blasentang und Seegras, die einen wichtigen Lebensraum für marine Tierarten darstellen, sind in ihrem Wachstum erheblich eingeschränkt. Stattdessen dominieren fadenförmige Blaualgen in lichtarmen Gewässern, die bei bestimmten Wetterverhältnissen an Land gespült werden.



Betrieb mit Schweinehaltung bei Schlagsdorf auf Fehmarn: Zwei neu errichtete „Güllelagunen“ fassen bis zu 30.000 Kubikmeter.

Dort verrotten sie unter Sauerstoffzehrung und Bildung von Faulgasen, sodass Strände gesperrt werden müssen.<sup>39</sup> Während bodenlebende Kleinstorganismen sich schnell regenerieren, brauchen langlebige Arten Jahrzehnte, bis sich ihre Populationen wieder erholen.<sup>40</sup>

## VERSCHMUTZTES TRINKWASSER

Auch für die Trinkwasserversorgung ist die Überdüngung hochproblematisch: Einen großen Anteil unseres Trinkwassers gewinnen die Wasserversorger aus Brunnen. Unbelastetes natürliches Grundwasser hat einen Nitratwert von unter zehn Milligramm pro Liter.<sup>41</sup> Für Trinkwasser gilt ein strenger Grenzwert, der nur maximal 50 Milligramm Nitrat pro Liter Wasser erlaubt.<sup>42</sup> Ist das Grundwasser zu stark mit Nitrat verschmutzt, muss es gereinigt oder verdünnt werden. Hohe Kosten entstehen auch durch Vermeidungsstrategien, wie zum Beispiel Verträge von Wasserwerken mit Landwirten.<sup>43</sup>

Um noch unbelastetes Wasser zu erreichen, werden Trinkwasserbrunnen immer tiefer gebohrt. Auch wird belastetes mit weniger belastetem Trinkwasser vermischt. Wenn diese Verdünnung nicht mehr ausreicht, wird belastetes Wasser technisch aufbereitet, was mit erheblichen Kosten verbunden ist (40 Cent

bis 1 Euro pro Kubikmeter). Eine Studie der Wasserverbände zeigt, dass es immer teurer wird, das Wasser so aufzubereiten, dass die Grenzwerte für Nitrat eingehalten werden. In einigen Regionen warnen die Versorger bereits vor Preissteigerungen von bis zu 62 Prozent. Die Wasserrechnung für einen durchschnittlichen Drei-Personen-Haushalt würde dann von 217 auf 350 Euro steigen.<sup>44</sup>

Eine zu hohe Konzentration von Nitrat im Trinkwasser muss vermieden werden, da sie die menschliche Gesundheit gefährdet. Bei Erwachsenen steigt das Krebsrisiko, bei Säuglingen kann die übermäßige Aufnahme von Nitrat zu Blausucht oder sogar zum Tode führen.<sup>45</sup> Wie schnell die Folgen der Überdüngung im Grundwasser messbar werden, hängt von den jeweiligen Bodenverhältnissen sowie der Tiefe der Trinkwasserspeicher ab. Die Spanne reicht von wenigen Jahren bis zu Jahrzehnten. Nach Angaben der Wasserversorger sind es bei gut einem Drittel der Wasserwerke 30 bis 50 Jahre. Die Konsequenzen der Überdüngung der vergangenen Jahre sind also heute noch gar nicht zu erkennen.<sup>46</sup>

Eine Zeit lang können die Böden Nitratstickstoff abbauen. Doch dieser Abbaumechanismus ist begrenzt. Immer mehr Böden scheinen an die Grenzen ihrer Kapazität gelangt zu sein. Nitratbelastungen von mehr als 25 Milligramm pro Liter finden

sich in mehr als der Hälfte aller deutschen Grundwasservorkommen und der Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg/l wird an 28 Prozent der Messstellen in Gebieten mit viel Landwirtschaft überschritten.<sup>47</sup>

## FOLGEN DER MASSENTIERHALTUNG

Die EU-Mitgliedstaaten haben im Jahre 2008 beschlossen, bis 2020 die durch Menschen hervorgerufene Eutrophierung der Ostsee auszuschließen.<sup>48</sup> Laut Umweltbundesamt<sup>49</sup> ist dieses Ziel nur zu erreichen, wenn die Einträge aus der Landwirtschaft verringert werden können.<sup>50</sup> Im Zeitraum von 2012 bis 2014 war die Landwirtschaft für 78 Prozent (17.289 Tonnen) der Stickstoffeinträge und für 51 Prozent (410 Tonnen) der Phosphoreinträge verantwortlich. Einträge aus urbanen Gebieten, von der Schifffahrt und atmosphärischer Eintrag spielen eine geringere Rolle.<sup>51, 52</sup> Dies wird besonders am Rückgang der Nährstoffeinträge durch Kläranlagen deutlich: Seit 1990 sind die Phosphoreinträge aus dieser Punktquelle um 98 Prozent und die Stickstoffeinträge um 89 Prozent zurückgegangen.<sup>53</sup> Demnach sind Kläranlagen nur noch für neun Prozent der Stickstoffeinträge und für 20 Prozent der Phosphateinträge in die Ostsee verantwortlich.<sup>54</sup>

Besonders die Spezialisierung der Landwirtschaft, bei der Futtermittelproduktion und Tierhaltung häufig getrennt sind, hat deren Anteil an der Überdüngung der Ostsee steigen lassen.<sup>55</sup> So wurde in schwedischen Regionen, die von Massentierhaltung geprägt sind, ein erhöhter Stickstoffeintrag in umliegende Gewässer nachgewiesen.<sup>56</sup> Tierbetriebe mit hohen Viehbestandsdichten, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, das Aufbringen von Düngemitteln sowie der Import von Futtermitteln führen dazu, dass mehr Nährstoffe auf landwirtschaftlichen Flächen angereichert werden, als durch den natürlichen Nährstoffkreislauf wieder fixiert werden können.<sup>57</sup> Die Folge ist eine höhere Ausleitung von Nährstoffen in umliegende Gewässer, die dann über den hydrologischen Kreislauf bis in Meeresgebiete wie die Ostsee gelangen.

## ZUSAMMENFASSUNG

# ERGEBNISSE DER MESSTOUR UND FORDERUNGEN VON GREENPEACE



Analyse einer Wasserprobe auf Nährstoffe im Photometer.

Greenpeace Deutschland hat in Kooperation mit Greenpeace Dänemark und Greenpeace Polen von September bis November 2018 mit dem Aktionsschiff Beluga II die Sauerstoffkonzentration am Meeresgrund in küstennahen Gewässern der Ostsee gemessen. Damit sollten die Lage und die Größe sogenannter Todeszonen in Küstennähe erfasst werden, in denen marines Leben mangels Sauerstoff abstirbt. An einigen ausgewählten Messpunkten haben Greenpeace-Taucher mit Fotos die Folgen der Sauerstoffarmut am Meeresboden für Pflanzen und Tiere dokumentiert. Ergänzend wurden Wasserproben aus Ostseezuflüssen auf Nährstoffe wie Nitrat und Phosphat sowie multiresistente Keime untersucht. In Wasserproben von einigen ausgewählten Orten erfolgten Analysen von Pestiziden und Tierarzneimitteln sowie Metallverbindungen, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

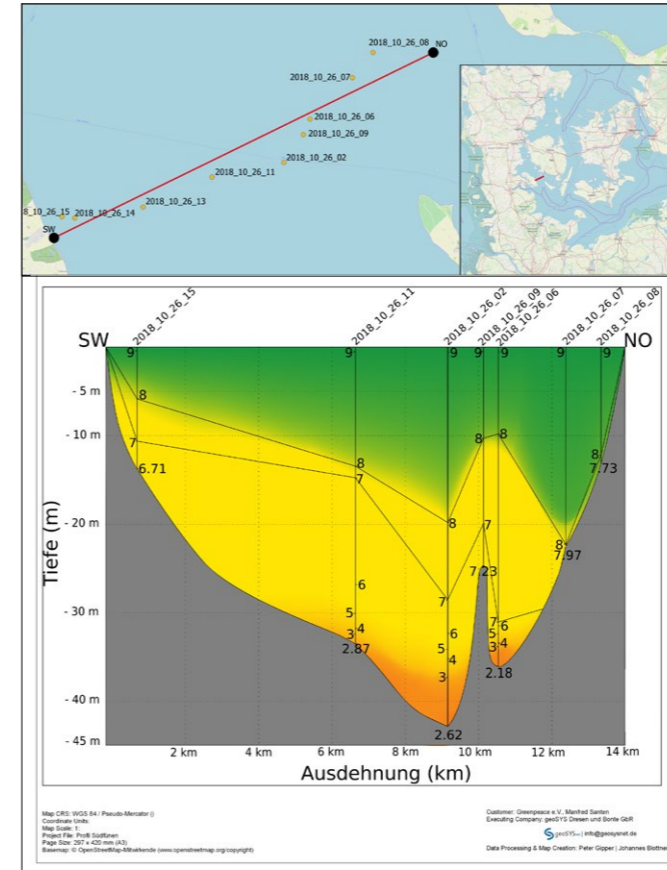
## MESSUNGEN UND WASSERPROBEN

Die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen und der Tauchgänge aus dem Spätsommer 2018 zeigen, dass sauerstoffarme Zonen nicht nur in den großen Senken der offenen Ostsee, sondern auch in küstennahen Gewässern vorhanden sind. In Teilen dieser sauerstoffarmen Gebiete ist eine Veränderung der Flora und Fauna am Meeresboden zu beobachten. Der Übergang von

hoher zu niedriger Sauerstoffkonzentration findet sich je nach Messpunkt in unterschiedlichen Meerestiefen. Die Sauerstoffarmut am Meeresboden tritt temporär auf. Sie ist regional unterschiedlich und wird von der Witterung beeinflusst.

Die Messungen in dänischen Gewässern rund um Fünen wiesen ab einer Tiefe von 20 Metern und tiefer sauerstoffarme Bereiche auf. Ein Beispiel zeigt die Grafik auf Seite 11, die das Tiefenprofil der Sauerstoffkonzentration im Kleinen Belt wiedergibt. Vor der polnischen Küste wurde erst im Oktober gemessen, hier ergibt sich ein anderes Bild. Der Sauerstoffmangel tritt erst in Wassertiefen ab 40 bis 60 Metern auf. Solche Wassertiefen sind in der Danziger Bucht nicht ungewöhnlich.

Die Untersuchung der Wasserproben belegt, dass die Zuflüsse der Ostsee mit Nährstoff- und Chemikalieneinträgen die Wasserqualität in Küstennähe deutlich beeinträchtigen können. Zwar waren diese Zuflüsse nach der lang anhaltenden Trockenheit des Sommers 2018 nur wenig mit Nährstoffen belastet. Bei Berücksichtigung der Probenahmen von Januar bis März 2019 zeigt sich jedoch, dass der Eintrag sprunghaft ansteigen kann. An einigen Orten wurden Proben zur Untersuchung von Pestiziden und Tierarzneimitteln entnommen, die zum Teil eine hohe Anzahl landwirtschaftlich genutzter Chemikalien aufweisen.



Tiefenprofil der Sauerstoffkonzentration im Kleinen Belt.

In den deutschen Gewässern sind überwiegend Buchten und Förden von der Sauerstoffarmut betroffen. In offeneren Gebieten wie westlich und nördlich von Rügen ist der Sauerstoffmangel weniger verbreitet, die Konzentration liegt in der Regel über sechs Milligramm pro Liter. Im Frühjahr und Sommer 2018 hatte Greenpeace bereits umfangreiche Untersuchungen in europäischen und deutschen Flüssen, Seen und Bächen durchgeführt und Belastungen durch Nährstoffkonzentrationen sowie multiresistente Keime, Pestizide und Tierarzneimittel dokumentiert.<sup>58,59</sup> Mit der Ostsee-Messtour wurden diese Untersuchungen um Probenahmen in Meereszuflüssen ergänzt. So war es möglich, Erkenntnisse über den Einfluss von Nährstofffrachten, multiresistenten Keimen und Schadstoffen auf die Wasserqualität in küstennahen Gebieten zu gewinnen.

Bei der Bewertung der Wasseruntersuchungen ist der Einfluss der im Sommer und Herbst 2018 lang anhaltenden Trockenheit zu berücksichtigen. Nachdem um die Jahreswende einige Regenereignisse auftraten, wurden an ausgewählten Orten im Januar und Februar 2019 erneut Proben genommen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen Anfang 2019 an einigen Probenahmestellen in deutschen Zuflüssen deutlich höhere Nährstoffkonzentrationen als bei der ersten Probenahme im September.

Erhöhte Nährstofffrachten fanden sich in Flüssen wie Trave und Stepenitz und auch in kleineren Bächen wie der Kopendorfer Au auf Fehmarn und der Füsinger Au an der Schlei sowie in der Mühlenua in der Hohwachter Bucht. In der Kopendorfer Au und der Füsinger Au wurde neben Nitrat und Phosphat auch eine große Anzahl von Pestiziden und Tierarzneimitteln nachgewiesen.

Auch in Polen herrschte eine lang andauernde Trockenheit vor. Die entnommenen Wasserproben zeigten keine Auffälligkeiten. Die Untersuchungen von Wasserproben im Bereich Südfünen in Dänemark ergaben keine hohe Belastung mit Nährstoffen.

Multiresistente Bakterien (sogenannte ESBL-Stämme) fanden sich in 7 von 24 Proben, die Greenpeace aus Flüssen, Seen und anderen Oberflächengewässern genommen hat. In zwei Proben konnten zwei unterschiedliche Stämme nachgewiesen werden, insgesamt waren es somit neun Stämme. Das Ergebnis stellt eine Momentaufnahme dar und lässt sich nicht mit anderen Messungen vergleichen. Denn es fehlen die von Greenpeace geforderte vereinheitlichte Methodik und vor allem ein offizielles Monitoring von resistenten Keimen in der Umwelt. Diese und weitere Untersuchungen legen aber nahe, dass multiresistente Keime, die auch aus der Tierhaltung stammen können, ein verbreitetes Umwelt- und Gesundheitsproblem sind, dessen genaue Dimension noch unbekannt ist.

## FOLGEN DER SAUERSTOFFARMUT

Wenn der Sauerstoffgehalt am Meeresboden unter zwei Milligramm pro Liter sinkt, wird es für Fische und die am oder im Meeresboden lebenden Tiere (Makrozoobenthos) zunehmend lebensbedrohlich. Wenn diese Bedingungen über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben und sich infolge mikrobieller Prozesse (Sulfatreduktion) das Faulgas Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) bildet, wird es besonders kritisch. Die Ergebnisse der Messtour zeigen genau diesen Zustand – insbesondere in der Kieler Förde, der Lübecker und der Danziger Bucht. Für Sauerstoff benötigende (aerobe) Tiere ist  $H_2S$  ein Zellgift, das zu einem größeren Tiersterben am Meeresboden führen kann.

Die Funde von sauerstoffarmen Regionen am Meeresgrund sind nicht ungewöhnlich und hinreichend beschrieben.<sup>60,61</sup> Die Schichtung des Wasserkörpers kann insbesondere in der westlichen Ostsee alljährlich auftreten und etwa vier Monate andauern. In diesen Schichtungen liegt wärmeres, salzreiches Oberflächenwasser über kälterem, salzreichem Tiefenwasser. Dadurch bildet sich eine sogenannte thermohaline Sprungschicht aus, die den vertikalen Sauerstofftransport in das Tiefenwasser verhindert. Gerade dort aber laufen die sauerstoffzehrenden, mikrobiellen Abbauprozesse von abgestorbenen Frühjahrsplanktonalgenblüten ab. Der damit verbundene Sauerstoffschwund am und im Meeresboden wird auch als sekundärer Eutrophierungseffekt bezeichnet.



Banner mit dem Motto der Greenpeace-Ostseetour zwischen den Masten der Beluga II.

Wenn im Spätherbst verstärkt windiges Wetter das Meer aufwühlt, sich das Oberflächenwasser abkühlt und es häufiger regnet, mischen sich die Wasserschichten und es gelangt mehr Sauerstoff ins Tiefenwasser und bis zum Meeresboden. Daher entspannt sich mit der herbstlichen Witterung die Lage. Die Fotodokumentation zeigt jedoch, dass sich der Zustand des Meeresbodens – insbesondere in der Kieler Förde und der Eckernförder Bucht – trotz des nur temporär auftretenden Sauerstoffmangels dauerhaft verschlechtert.

Eine wesentliche Ursache des Sauerstoffmangels am Meeresboden ist die Eutrophierung der Küstengewässer durch zu hohe Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, die das Wachstum der Planktonalgen fördern.<sup>62</sup> Vor allem aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten kommen Einträge von Schadstoffen wie Pestiziden hinzu.<sup>63</sup>

Der Europäische Gerichtshof (EuGH) hat Deutschland wegen Verletzung der EU-Nitratrichtlinie im Juni 2018 verurteilt. An vielen Grundwasser-Messstellen lag die Belastung mit Nitrat über den zulässigen Grenzwerten. Die 2017 beschlossene Novellierung der deutschen Düngeverordnung reicht nach Einschätzung der Kommission nicht aus, um die Vorgaben der Richtlinie zu erfüllen. Das musste auch das Bundeslandwirtschaftsministerium im Januar 2019 einräumen. Im Juni 2019 einigten sich Landwirtschafts- und Umweltministerium mit Vertretern der Bundesländer auf Änderungen an der Düngeverordnung. Vonseiten der Wasserversorger (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW) und Umweltverbänden gab es Kritik an der unzureichenden Verschärfung und zu vielen Ausnahmen. Frühestens Mitte 2020 wird die überarbeitete Fassung in Kraft treten können.

## GREENPEACE FORDERT:

- ▶ die Verschärfung der Düngeverordnung, dazu gehört:
  - Betriebe müssen Stickstoff und Phosphor in einer Hoftorbilanz korrekt und vollständig bilanzieren.
  - Alle Transporte und Ausbringungen von Gülle müssen in einem bundesweiten Kataster erfasst werden.
  - Die Stickstoff-Überschüsse müssen begrenzt und die Zahl gehaltener Tiere an die vorhandenen landwirtschaftlichen Flächen jedes Betriebs angepasst werden.
  - In bereits belasteten Gebieten dürfen Stickstoff- oder Phosphorüberschüsse im Boden nach der Düngung nicht mehr erlaubt sein.
- ▶ Die Zahl der Tiere muss deutlich sinken, um Tier- und Umweltschutz zu gewährleisten. Damit lassen sich die Haltungsbedingungen verbessern, die Tiere sind gesünder und brauchen weniger Antibiotika.
- ▶ Durch ein umfassendes Monitoring müssen multiresistente Keime in der Umwelt systematisch erfasst werden.
- ▶ EU-Agrarsubventionen dürfen nur noch an Betriebe fließen, die klima-, umwelt- und gewässerverträglich wirtschaften.

# 1 SAUERSTOFFMESSUNGEN ÜBER DEM MEERESGRUND



Die CTD-Sonde zur Messung von Wasserparametern kurz vor ihrem Einsatz.

Von der Beluga II aus wurden von September bis November 2018 entlang der Ostseeküste von Dänemark bis Polen Sauerstoffmessungen mit einer CTD-Sonde<sup>64</sup> durchgeführt. Die Multiparameter-Sonde misst im Vertikalprofil von der Wasseroberfläche bis in Tiefen von rund einem halben Meter über dem Meeresboden. Zusätzlich zum Sauerstoffgehalt werden die Wassertemperatur, der Druck, aus dem sich die Wassertiefe berechnet, der Salzgehalt sowie der pH-Wert erfasst.

In der westlichen Ostsee bildet sich saisonal eine sogenannte thermohaline Schichtung aus. Damit sind Salzgehalts- und Temperaturunterschiede gemeint, die sprunghaft ausgeprägt sein können. Mit zunehmendem Salzgehalt und sinkender Temperatur nimmt der Sauerstoffgehalt ab, häufig bis zu Konzentrationen unter zwei Milligramm pro Liter. Unter solchen Bedingungen finden am Meeresboden infolge der Sauerstoffabnahme anaerobe Zersetzungsprozesse von organischem Material (abgestorbene Algen oder Bodentiere) statt – es können sich sogenannte „tote Zonen“ oder „Todeszonen“ bilden.

Mit der Beluga-Messtour sollen diese temporär küstennah auftretenden Gebiete dokumentiert werden. Zusätzlich zu den Messungen wurden an ausgewählten Orten mit Tauchgängen der Zustand des Meeresbodens fotografisch erfasst.

## MESSERGEBNISSE UND DOKUMENTATION SAUERSTOFFARMER ZONEN

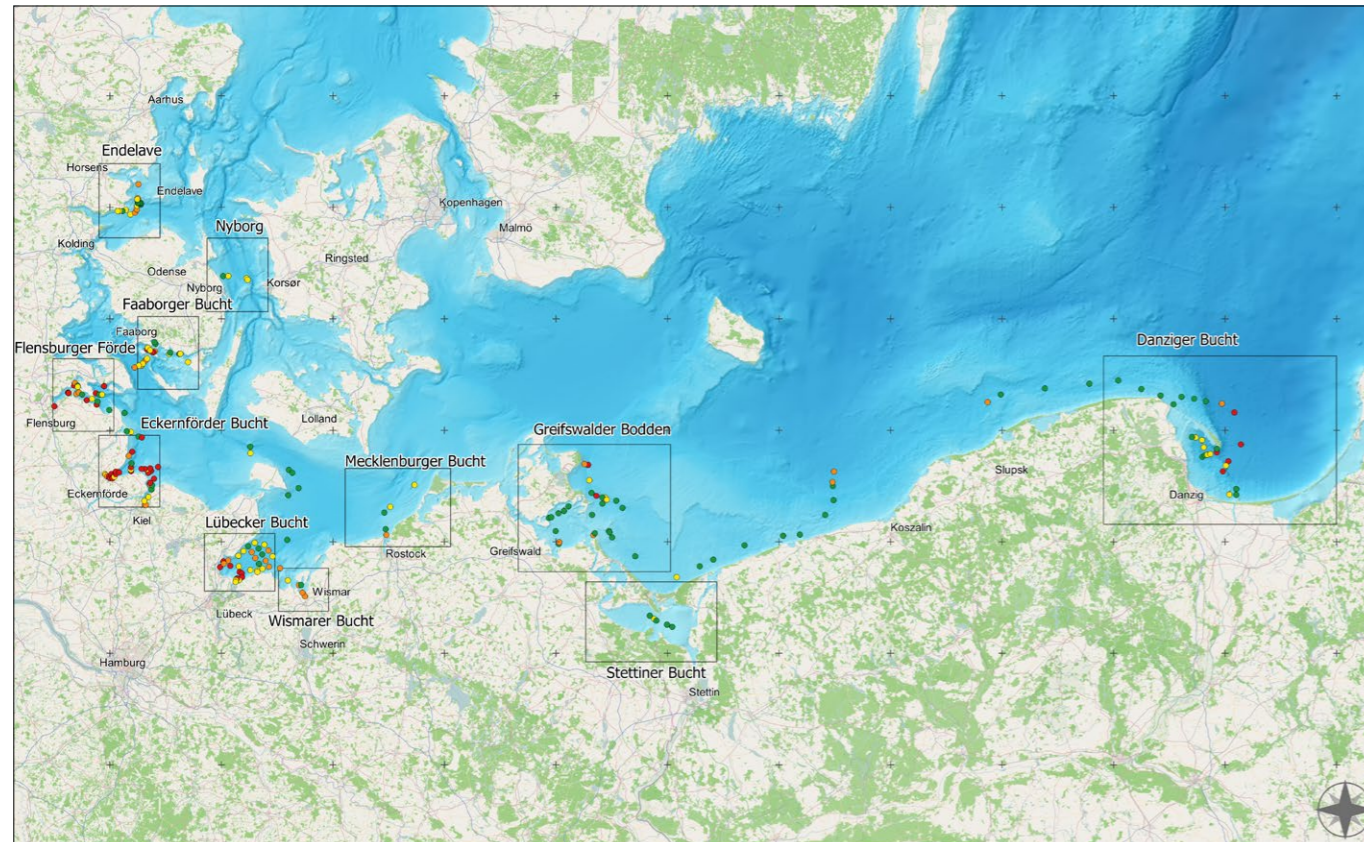
In der Karte auf Seite 14 oben sind die Messstellen aufgeführt.

Für die Bewertung der Sauerstoffkonzentration (DO) am Meeresgrund werden die Messwerte der wissenschaftlichen Literatur verglichen.<sup>65,66</sup>

Die Bewertung der Messergebnisse basiert auf folgender Einteilung:

- 2 mg/l DO: Grenzwert für „schlechte Sauerstoffbedingungen“, Entstehung toter Zonen möglich
- 2–4 mg/l DO: „mangelhafte Sauerstoffbedingungen“
- 4 mg/l DO: Zielwert für „gute Sauerstoffbedingungen“ in mehr als 15 Meter Wassertiefe
- 6 mg/l DO: Zielwert für „gute Sauerstoffbedingungen“ in flacheren Gewässern

Die von Greenpeace durchgeführten Messungen haben im Vergleich zu Monitorings wissenschaftlicher oder behördlicher Institute nur den Charakter und Umfang von Stichproben. Aus den Ergebnissen können keine Rückschlüsse auf den ökologischen Zustand der Ostseezuflüsse gezogen werden. Die Greenpeace-Analysen beschreiben den Zustand zum Zeitpunkt der Messungen.



Die Karte zeigt Messpunkte, mit der während der Beluga-Ostseetour die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden. Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

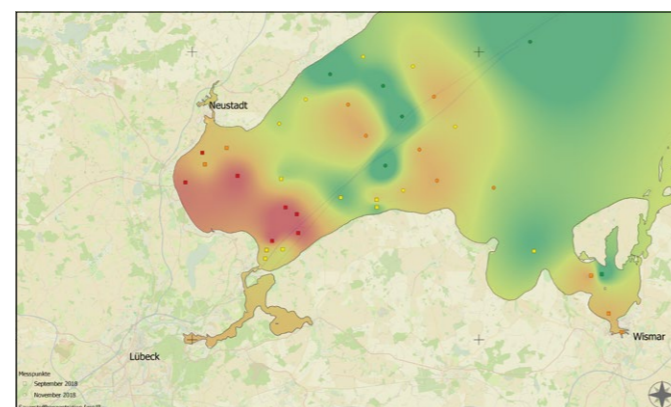
Alle Messpunkte sind in dieser Karte dokumentiert und mit den dazugehörigen Messdiagrammen hinterlegt.

Die Messungen während der Beluga-Tour 2018 belegen, dass auch bei aktuell geringer Nährstoffzufuhr (siehe Kapitel 4) tote Zonen vorhanden sind mit teilweise sehr niedrigen Sauerstoffkonzentrationen am Meeresboden.

In der Flensburger Förde und in der Kieler Förde wurden jeweils ab einer Wassertiefe von etwa acht Meter Tiefe Sauerstoffkonzentrationen von weniger als zwei Milligramm pro Liter am Meeresboden gemessen. In der Eckernförder Bucht traten diese geringen Konzentrationen ebenfalls weiträumig auf, allerdings erst ab rund 15 Meter Wassertiefe. Fotos aus diesen Gewässern zeigen Bereiche, in denen bodenlebende Organismen offenbar nicht mehr vorhanden sind und von sulfatreduzierenden Bakterien abgelöst wurden, die oft an der Schwarzfärbung durch Sulfide zu erkennen sind.

Auch in der Lübecker Bucht und in der westlichen sowie östlichen Wismarer Bucht fanden sich deutliche Anzeichen der negativen Folgen von Überdüngung (Eutrophierung).

Wasserproben der Zuflüsse Trave und Stepenitz enthalten große Mengen an Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor, die zur Eutrophierung beitragen können. Tauchgänge in der Wismarer Bucht dokumentieren sichtbar anaerobe Bereiche (Todeszonen) mit ausgedehnten Schwarzfärbungen durch Sulfidbildung.



Messpunkte der Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund in der Mecklenburger Bucht (Lübecker Bucht und Wismarer Bucht). Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Das mobile Labor im Laderaum der Beluga II. Hier werden Proben analysiert und die Daten der CTD-Sonde ausgewertet.

Die in der Mecklenburger Bucht erzielten Messwerte wurden interpoliert, um Erkenntnisse über die Ausdehnung sauerstoffarmer Gebiete zu gewinnen. Abbildung 2 zeigt kritisch niedrige Sauerstoffwerte (weniger als zwei Milligramm pro Liter) am Meeresgrund, vor allem nördlich von Travemünde bis in die Neustädter Bucht. Die Messungen dort wurden im September durchgeführt.

Die Messungen zwischen der Küste nördlich von Neustadt (Schleswig-Holstein) und der gegenüberliegenden Küste zwischen Lübecker und Wismarer Bucht (Mecklenburg-Vorpommern) fanden erst im November statt. Offenbar ist die Wassersäule zu diesem Zeitpunkt durchmisch, weist aber weite Bereiche „mangelhaften Zustands“ auf.

In den flachen Gewässern südlich von Rügen, nördlich von Greifswald, entlang der Küste von Usedom bis Swinemünde und auch im Binnengewässer vor der Odermündung im Stettiner Haff war die Wassersäule zum Zeitpunkt der Messungen durchmisch, überwiegend lieferten die Messungen keine Hinweise auf sauerstoffarme Gebiete. Dennoch zeigen die Aufnahmen der Tauchgänge am Meeresgrund des Oderhaffs neben gut belebten Zonen sauerstoffarme Bereiche am Meeresgrund – Anzeichen für Folgen von Überdüngung (Eutrophierung).

In den küstennahen Gewässern entlang der polnischen Ostseeküste von Swinemünde bis zur Danziger Bucht waren keine sauerstoffarmen Gebiete am Meeresgrund messbar. Zonen mit Konzentrationen von weniger als zwei Milligramm pro Liter fanden sich aber in tieferen Gewässern. Die Sprungschicht hatte sich bei gut 36 Metern ausgebildet. In der Danziger Bucht zeigte sich ebenfalls eine deutliche Abnahme der Sauerstoffkonzentration auf Werte von weniger als zwei Milligramm pro Liter.

In den küstennahen Gewässern der Dänischen Südsee wurden sauerstoffarme Gebiete in Wassertiefen ab 20 Metern angetroffen. Die Ergebnisse decken sich mit den von der dänischen Umweltbehörde regelmäßig veröffentlichten Zustandsberichten, die ausgedehnte, zusammenhängende Todeszonen im Kleinen Belt, südlich von Fünen bis in die Kieler Bucht zeigen.

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen und der Tauchgänge mit Fotodokumentation regional differenziert beschrieben.

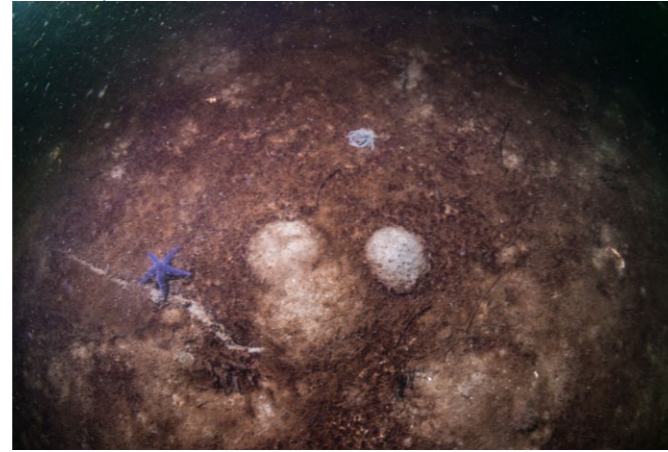


# 1.1. DEUTSCHE OSTSEEKÜSTE

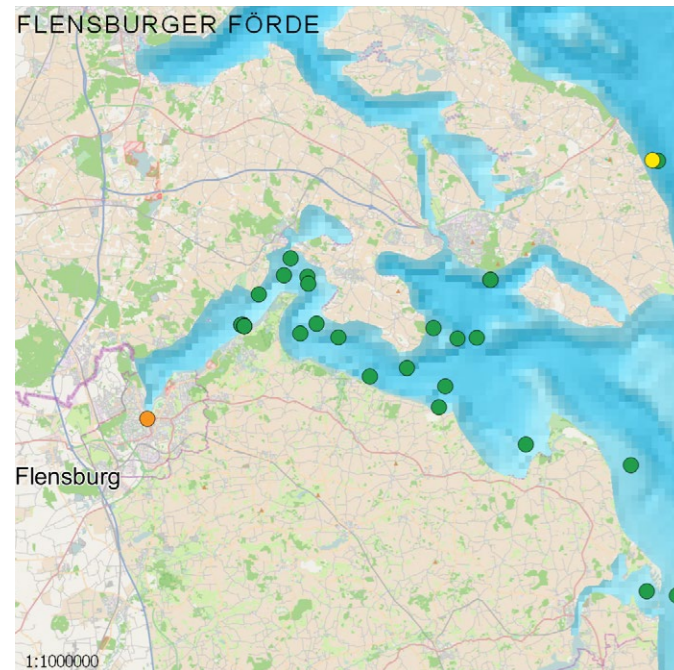
## FLENSBURGER FÖRDE



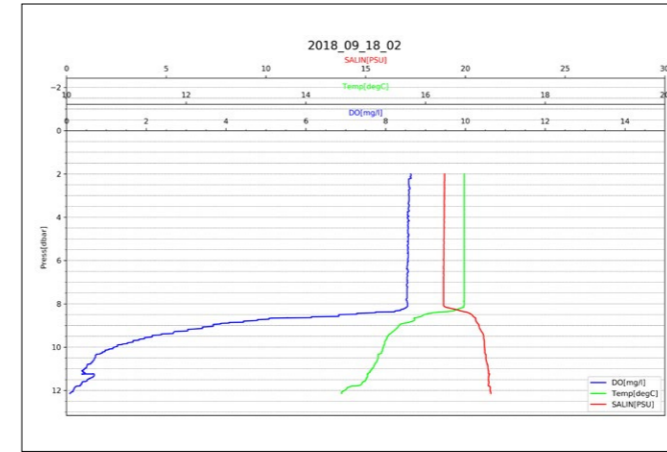
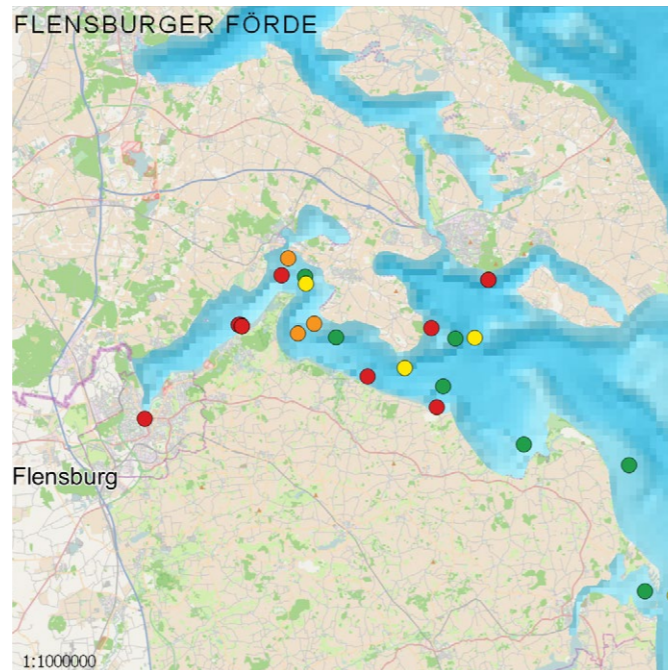
Meeresgrund im Bereich Middelgrund, Juli 2018 (54.8557N, 9.8309E): Algenbewuchs auf Sandgrund, flächig bedeckt mit sich zersetzendem organischen Material. Augenscheinlich kein Sauerstoffmangel.



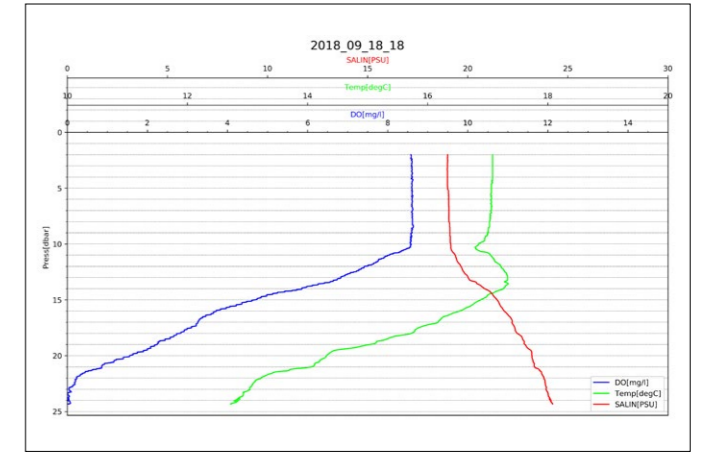
Meeresgrund vor Kaegnes, Juli 2018 (54.8894N, 9.8779E): Im küstennahen Brackwasser anaerobes Umfeld mit Sulfatbakterien, dominante Bedeckung durch organisches Material wie Algenreste. Augenscheinlich Sauerstoffmangel, Schwarzfärbung durch Eisensulfid.



Flensburger Förde, Sauerstoffmessungen in fünf Meter Tiefe (links) und am Meeresgrund (rechts). Im September 2018 wurden insgesamt 21 Messungen mit der CTD-Sonde durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden. Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Sauerstoffmessung 2018\_09\_18\_02  
Flensburger Innenförde, westlich von Holnishaken, starke Sauerstoffabnahme ab ca. 8 Meter Tiefe Konzentration am Meeresgrund unter 1 mg/l.



Sauerstoffmessung 2018\_09\_18  
Flensburger Außenförde, östlich von Holnishaken, starke Sauerstoffabnahme ab ca. 12 Meter Tiefe Konzentration am Meeresgrund deutlich unter 1 mg/l.

In der Flensburger Förde wurden 21 Sauerstoffmessungen mit der CTD-Sonde durchgeführt. Die Messung im Stadthafen zeigt bereits ab einer Wassertiefe von nur fünf Metern eine Sauerstoffkonzentration (DO-Wert) von weniger als vier Milligramm pro Liter. Am Grund, bei einer Tiefe von rund sieben Metern, liegt der Wert für gelösten Sauerstoff im Wasser bei unter einem Milligramm pro Liter.

Die Messungen vom 18. und 19. September 2018 in der inneren Förde zeigen, dass die Sauerstoffkonzentration dort ab einer Tiefe von etwa acht Metern deutlich sinkt (siehe z. B. Messung 2018\_09\_18\_02). In der äußeren Förde westlich von Holnishaken liegt die Sprungschicht etwas tiefer bei 12 bis 15 Metern (siehe z. B. Messung 2018\_09\_19\_18). Alle Messungen am Grund der Förde, bei Tiefen von 15 bis 20 Metern und darunter, geben Hinweise auf ausgedehnte anaerobe Zonen mit Sauerstoffkonzentrationen von weniger als zwei Milligramm pro Liter.

Greenpeace-Taucher dokumentierten im Juli 2018 in der äußeren Förde vor Kaegnes sowie im Bereich Middelgrund der Flensburger Außenförde fotografisch den Meeresgrund. Die Bilder zeigen ein Eutrophierungspotenzial durch die flächige Bedeckung mit organischem, in Zersetzung befindlichem Material. Anaerobe Bereiche sind deutlich zu erkennen.

Im September 2018 wurden Wasserproben von Zuflüssen der Flensburger Förde entnommen, am Jachthafen Fahrensodde sowie im Egernsund. Die Messungen von Nährstoffen wie Nitrat und Phosphat weisen weder im September noch im Januar 2019 auffällig erhöhte Konzentrationen aus. Diese Ergebnisse sind vermutlich witterungsbedingt, da aufgrund der langen Trockenheitsperiode in Sommer und Herbst 2018 keine Nährstoffe von angrenzenden Feldern mobilisiert wurden. Um dies zu prüfen, sind weitere Messungen geplant.

### FAZIT

In der Flensburger Förde findet sich in weiten Bereichen ab einer Tiefe von acht Metern am Meeresgrund Sauerstoffmangel. Bei einer Konzentration von weniger als zwei Milligramm gelöstem Sauerstoff (DO) pro Liter Wasser sind bodenbelebende Organismen nicht mehr lebensfähig und werden von sulfatreduzierenden Bakterien abgelöst, die an der Schwarzfärbung durch Eisensulfid zu erkennen sind. Auch diese deutlichen Anzeichen für Folgen von Überdüngung (Eutrophierung) gibt es in der Flensburger Förde. Vermutlich wegen der andauernden Trockenheit ergaben die Beprobungen der Zuflüsse noch keine Hinweise darauf, dass über Bäche und Flüsse deutlich erhöhte Mengen an Nährstoffen in die Förde eingetragen werden. Weitere Messungen sind geplant.

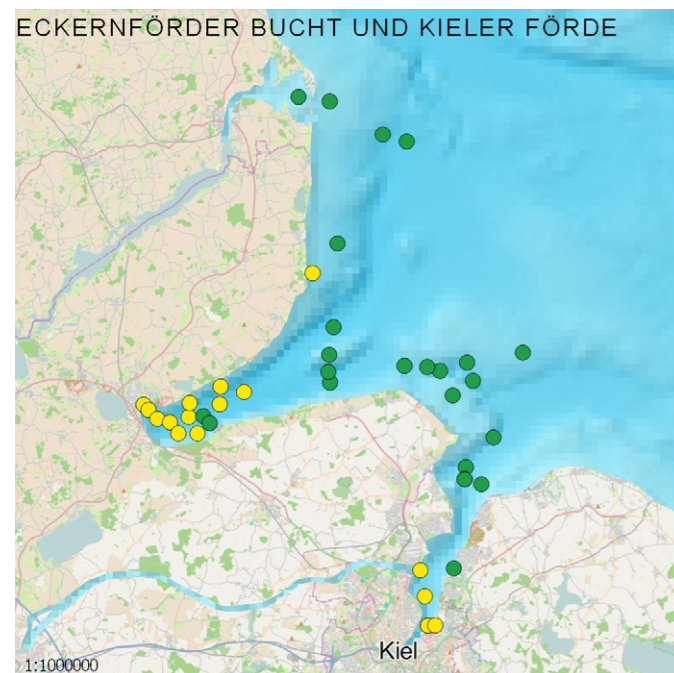
# ECKERNFÖRDER BUCHT / KIELER FÖRDE



Meeresgrund in der Eckernförder Bucht, Höhe Stadthalle, November 2018 (54.4691N, 9.8455E): Seesterne, Miesmuscheln, Baltische Plattmuscheln und verdriftete Algen auf weichem Grund, Augenscheinlich kein Sauerstoffmangel im bodennahen Bereich.

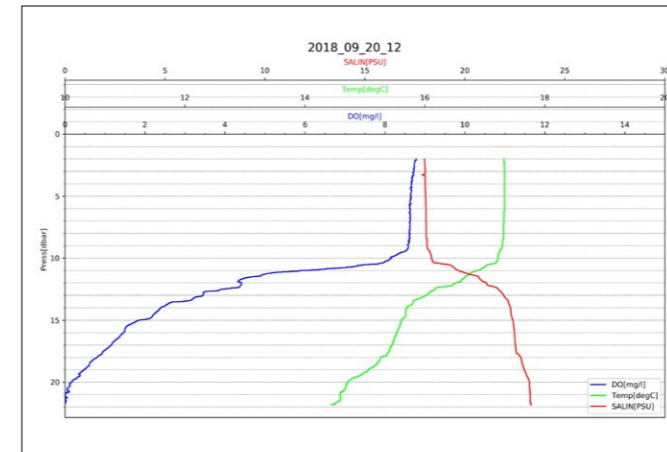
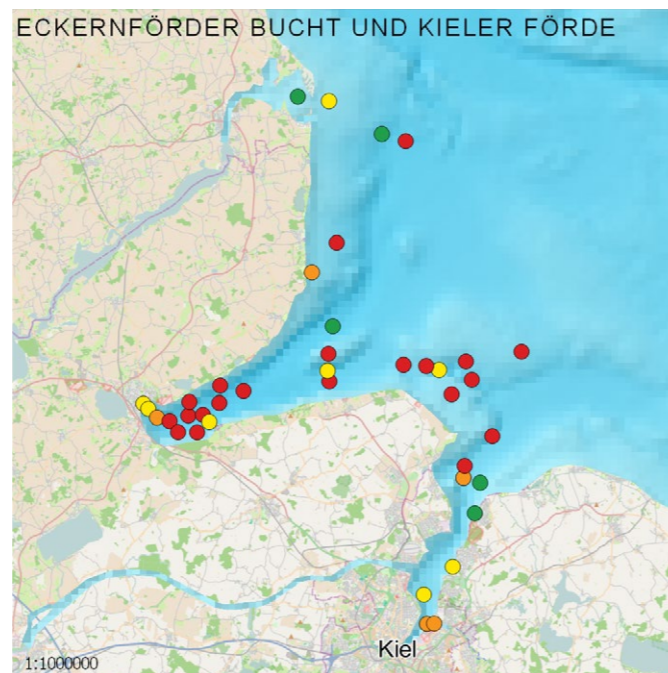


Meeresgrund in der Eckernförder Bucht, Höhe Hemmelmarker See, November 2018 (54.4823N, 9.9079E): Offenbar starker Sauerstoffmangel, Besiedelung des Bodens mit sulfatreduzierenden Bakterien, Schwarzfärbung durch Sulfide.



Sauerstoffmessungen in fünf Meter Tiefe (links) und am Meeresgrund (rechts). Die Sauerstoffmessungen mit der CTD-Sonde im Bereich der Eckernförder Bucht und der Kieler Förde wurden im September 2018 durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden.

Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Sauerstoffmessung 2018\_09\_20\_12  
Zwischen Eckernförder Bucht und Kieler Förde  
deutliche Sauerstoffabnahme ab ca. 10 Meter Tiefe  
Konzentration am Meeresgrund unter 1 mg/l.

Im September 2018 wurden in der Eckernförder Bucht und in der Kieler Förde insgesamt 33 Messungen von gelöstem Sauerstoff mit der CTD-Sonde durchgeführt. In beiden Buchten herrscht in tieferen Bereichen am Meeresgrund gravierender Sauerstoffmangel.

In der Eckernförder Bucht fällt der Meeresgrund steil auf 20 bis 24 Meter ab. Alle Bereiche mit einer Wassertiefe von mehr als 15 Metern zeigen deutliche Sauerstoffarmut. Im November 2018 von Greenpeace-Tauchern aufgenommene Fotos dokumentieren ausgedehnte anaerobe Bereiche, in denen der Meeresboden lokal flächendeckend mit sulfatreduzierenden Bakterien besiedelt ist.

Die Kieler Förde weist geringere Wassertiefen auf. Dennoch dominieren auch hier in den tieferen Bereichen ausgedehnte sauerstoffarme Zonen. In einer Tiefe von acht bis zehn Metern beginnt der im Wasser gelöste Sauerstoff zu schwinden. Am Meeresgrund, bei etwa zwölf Metern und tiefer, liegen die Sauerstoffkonzentrationen unter einem Milligramm pro Liter.

Greenpeace-Taucher dokumentierten im November 2018 in der Eckernförder Bucht den Meeresgrund. Die Bilder zeigen ausgedehnte anaerobe Gebiete mit deutlicher Schwarzfärbung durch sulfidbildende Bakterien unterhalb der feinsandigen Oberfläche.

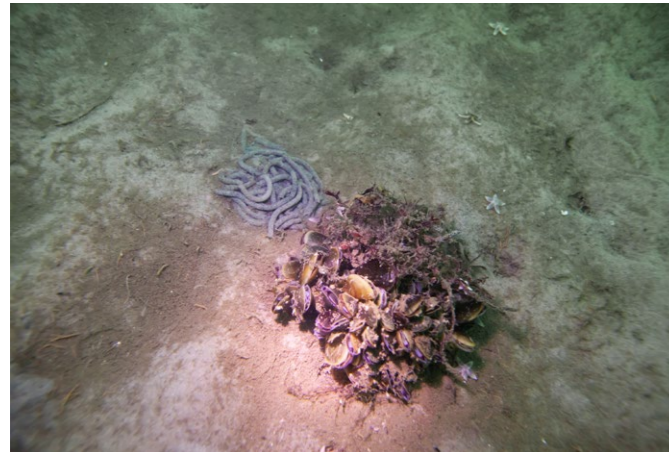
Im September 2018 und im Januar 2019 wurden Wasserproben in der Eckernförder Bucht und aus Zuflüssen der Kieler Förde entnommen – unter anderem an der Mündung der Schwentine und der Einfahrt zum Nord-Ostsee-Kanal. Die Messungen von Nährstoffen wie Nitrat und Phosphat zeigen in beiden Probenahmezeiträumen keine auffällig erhöhten Messwerte. Dies ist vermutlich witterungsbedingt, da aufgrund der langen Trockenheit im Sommer und Herbst 2018 keine Nährstoffe von angrenzenden Feldern in die Gewässer geschwemmt wurden.

## FAZIT

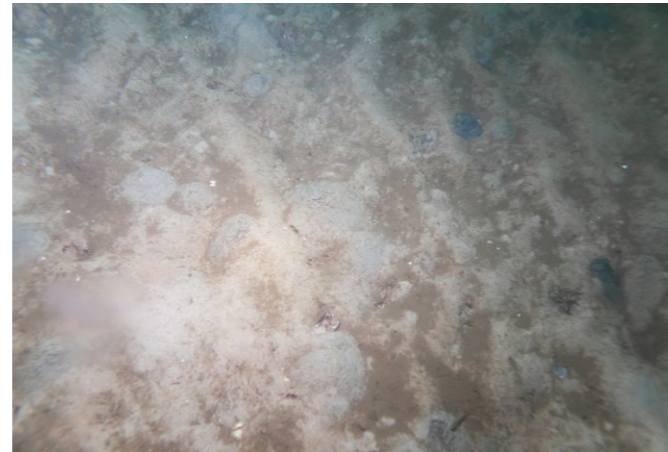
Die Eckernförder Bucht und die Kieler Förde weisen in weiten Bereichen am Meeresboden starken Sauerstoffmangel auf. In diesen sogenannten „Todeszonen“ sind bei einer Konzentration von weniger als zwei Milligramm gelöstem Sauerstoff pro Liter Wasser sauerstoffabhängige bodenbelebende Organismen nicht mehr lebensfähig und werden von sulfatreduzierenden Bakterien abgelöst. Bei den Tauchgängen von Greenpeace in der Eckernförder Bucht zeigt sich dies sehr deutlich an der Schwarzfärbung des Meeresgrundes durch Eisensulfid.

Vermutlich wegen der andauernden Trockenheit ergaben die Beprobungen der Zuflüsse noch keine Hinweise auf den Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft in die beiden Buchten.

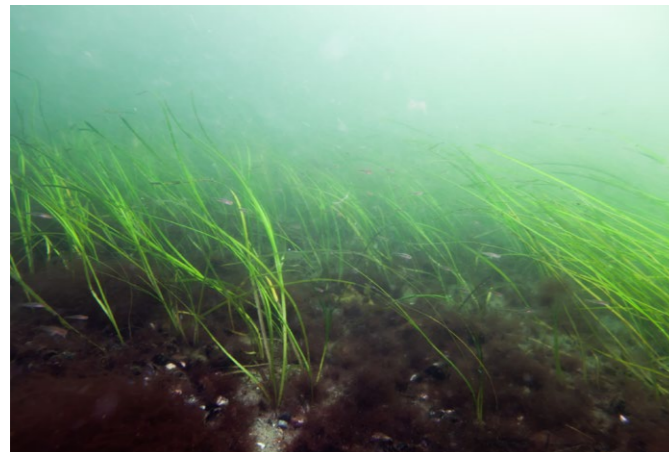
# MECKLENBURGER BUCHT / LÜBECKER BUCHT / WISMARER BUCHT



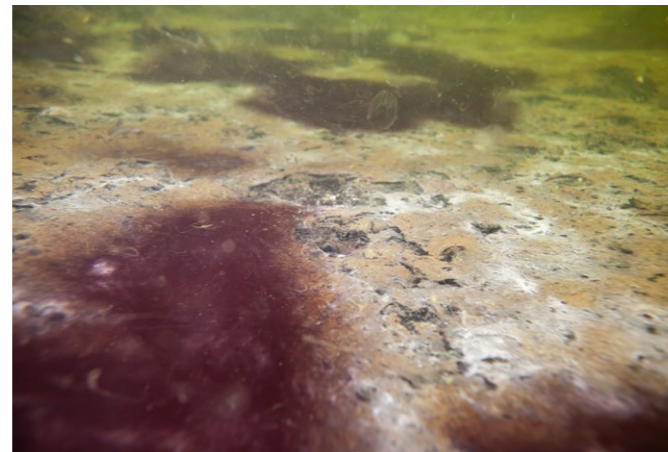
Meeresgrund bei Sierksdorf November 2018 (54.0575N, 10.8017E): Miesmuschelgruppe auf Sandgrund, Augenscheinlich kein Sauerstoffmangel.



Meeresgrund bei Grömitz November 2018 (54.1094N, 11.0347E): Sandgrund, Seesterne, Wattwurm-Kot, lokal leichter Sauerstoffmangel und leichte Schwarzfärbung.



Meeresgrund im Salzhaff vor Steinbeck August 2018 (54.0139N, 11.1469E): Seegras, Faseralgae auf Sandgrund, kein aktueller Sauerstoffmangel.



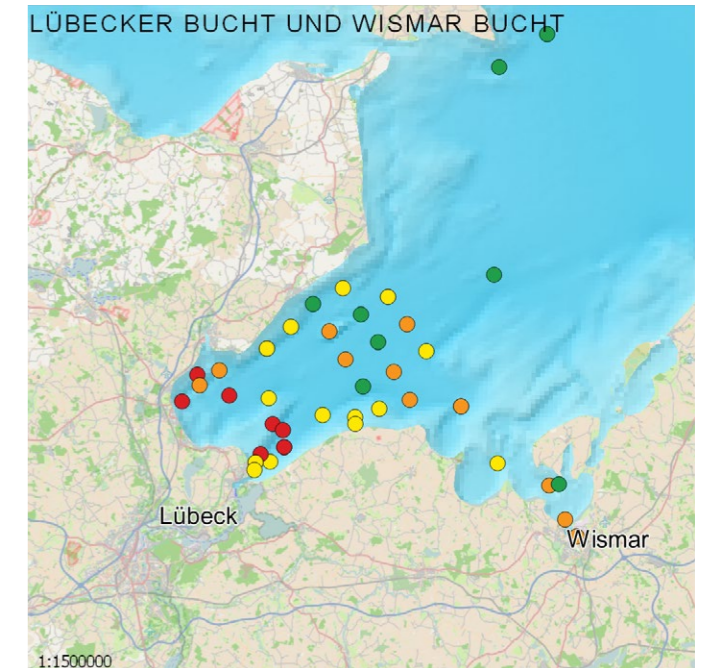
Meeresgrund im Wohlenberger Wiek vor Niendorf August 2018 (53.9341N, 11.2717E): Sandgrund oder Weichgrund, teilweise mit dominant flächen-deckend sulfatreduzierenden Bakterien. Schwarzfärbung in anaeroben, eisensulfidhaltigen Bereichen, vereinzelt Cyanobakterien (rot: Blaualgen, Spirulina rosea).



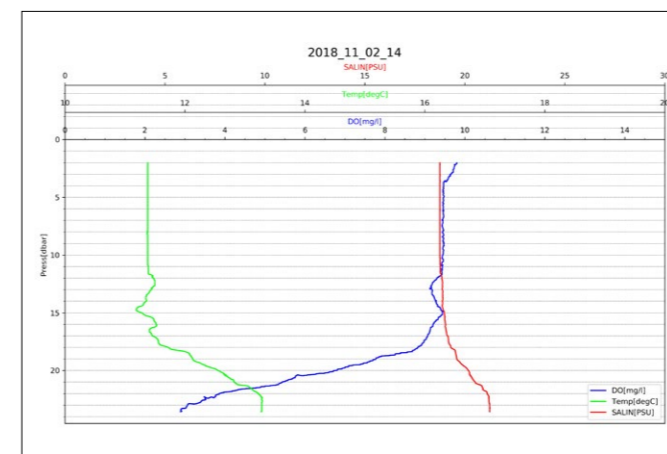
Meeresgrund im Salzhaff nordöstlich Poel August 2018 (54.0399N, 11.5347E): Seegras auf Sandgrund, einzelne schwarz gefärbte Bereiche, kein aktueller Sauerstoffmangel.



Meeresgrund im Salzhaff vor Rerik August 2018 (54.0958N, 11.6125E): Ausgedehnte Bereiche mit Schwarzfärbung (Eisensulfid). Stabile anaerobe Bereiche.



Sauerstoffmessungen in fünf Meter Tiefe (links) und am Meeresgrund (rechts) in der Mecklenburger Bucht mit Lübecker Bucht und Wismarer Bucht. Im September und im November 2018 wurden insgesamt 37 Sauerstoffmessungen mit der CTD-Sonde durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden. Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Sauerstoffmessung 2018\_11\_02\_14  
Lübecker Bucht, nördlich von Warnkenhagen, 54.0532N, 11.0824E. Deutliche Sauerstoffabnahme ab ca. 19 Meter Tiefe Konzentration am Meeresgrund ca. 3 mg/l.

Die Untersuchungen in der Mecklenburger Bucht, zu der die Lübecker Bucht und die Wismarer Bucht gehören, fanden im September und im November 2018 statt. Insgesamt wurden 36 Messungen mit der CTD-Sonde durchgeführt.

In der Wismarer Bucht nimmt der gelöste Sauerstoff (DO) bereits ab einer Wassertiefe von sieben Metern ab. Die Messungen in der Lübecker Bucht wurden auf zwei verschiedenen Schiffstouren durchgeführt.

Im September 2018 wurde vor Neustadt und Lübeck gemessen. Vor Lübeck ist die Ostsee 20 bis 23 Meter tief. Ab etwa 12 Metern sinkt hier die Sauerstoffkonzentration. Am Meeresgrund liegen die Konzentrationen zwischen einem und zwei Milligramm pro Liter. Zum Vergleich fuhr die Beluga flachere Bereiche südlich von Neustadt an. Auch hier ist eine deutliche Abnahme der Sauerstoffkonzentration zu beobachten. Ab einer Wassertiefe von zehn Metern liegt die DO-Konzentration ebenfalls zwischen ein und zwei Milligramm pro Liter.

Im September 2018 sowie im Februar 2019 wurden Wasserproben aus Zuflüssen der Lübecker Bucht entnommen. Die Messergebnisse sind in der Tabelle auf Seite 38 sowie in den Tabellen mit allen Messergebnissen ab Seite 60 dargestellt. Insbesondere die Proben aus der Trave und aus der Stepenitz (Dassower See) weisen trotz der anhaltenden Trockenheit im Sommer deutliche Konzentrationen an Nährstoffen auf (Nitrat- und Gesamtstickstoff). Der Bewirtschaftungszielwert für die

# GREIFSWALDER BODDEN / PEENEMÜNDE / STETTINER HAFF

Ostsee von 2,6 Milligramm pro Liter für Gesamtstickstoff bzw. Nitratstickstoff wird in der Trave an den Messpunkten bei Bad Schwartau und bei Moisling sowie an der Schleuse Büssau erreicht oder überschritten. Auch über die Stepenitz werden Nährstoffe in die Ostsee eingetragen. Der für die Bewertung herangezogene Bewirtschaftungszielwert wird im Dassower See ebenso wie in der Pötenitzer Wiek deutlich überschritten. Weitere Messungen zur Überprüfung sind geplant.

Greenpeace-Taucher dokumentierten im August 2018 den Zustand des Meeresbodens in der westlichen Wismarer Bucht vor Steinbeck und in der östlichen Wismarer Bucht zwischen Poel und Rerik. Im November erfolgten weitere Tauchgänge in der Lübecker Bucht vor Neustadt. Im westlichen Teil der Wismarer Bucht in der Wohlenberger Wiek, nördlich von Nienburg, fanden die Taucher deutlich ausgeprägte anaerobe Zonen vor, vereinzelt mit Blaualgen-Vorkommen (Cyanobakterien). Ein ähnliches Bild bietet sich im Salzhaff vor Rerik: Neben Bereichen ohne aktuellen Sauerstoffmangel finden sich ausgedehnte anaerobe Zonen mit Schwarzfärbung durch sulfatreduzierende Bakterien.

Hingegen zeigen die Tauchgänge in der Neustädter Bucht vor Sierksdorf und vor Grömitz einen positiveren Zustand des Meeresbodens mit Miesmuschelbewuchs. Trotz teilweise niedriger Sauerstoffkonzentrationen gibt es keine Hinweise auf dauerhafte anaerobe Zonen.

## FAZIT

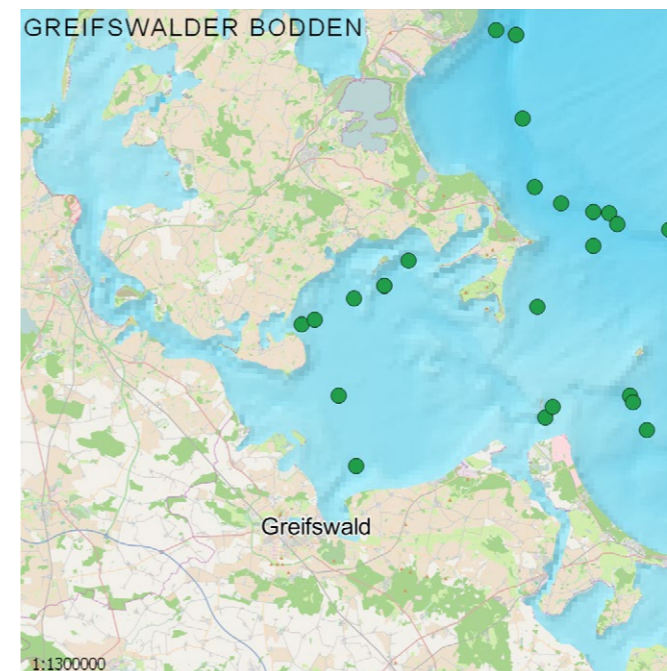
In der Lübecker Bucht und in der Wismarer Bucht sind Anzeichen der negativen Folgen von Überdüngung (Eutrophierung) deutlich erkennbar. Trotz Trockenheit geben die Beprobungen der Zuflüsse Hinweise darauf, dass mit dem Flusswasser große Mengen an Nährstoffen in die Bucht eingetragen werden, die zur Eutrophierung beitragen. Die Dokumentation mit Tauchgängen zeigt zumindest in der Wismarer Bucht sichtbar anaerobe Bereiche („Todeszonen“) mit ausgedehnten Schwarzfärbungen durch Sulfidbildung.



Meeresgrund im Oderhaff, südlich Peenestrom bei Ueckermünde, August 2018 (53.7583N, 14.1179E): Augenscheinlich kein Sauerstoffmangel.

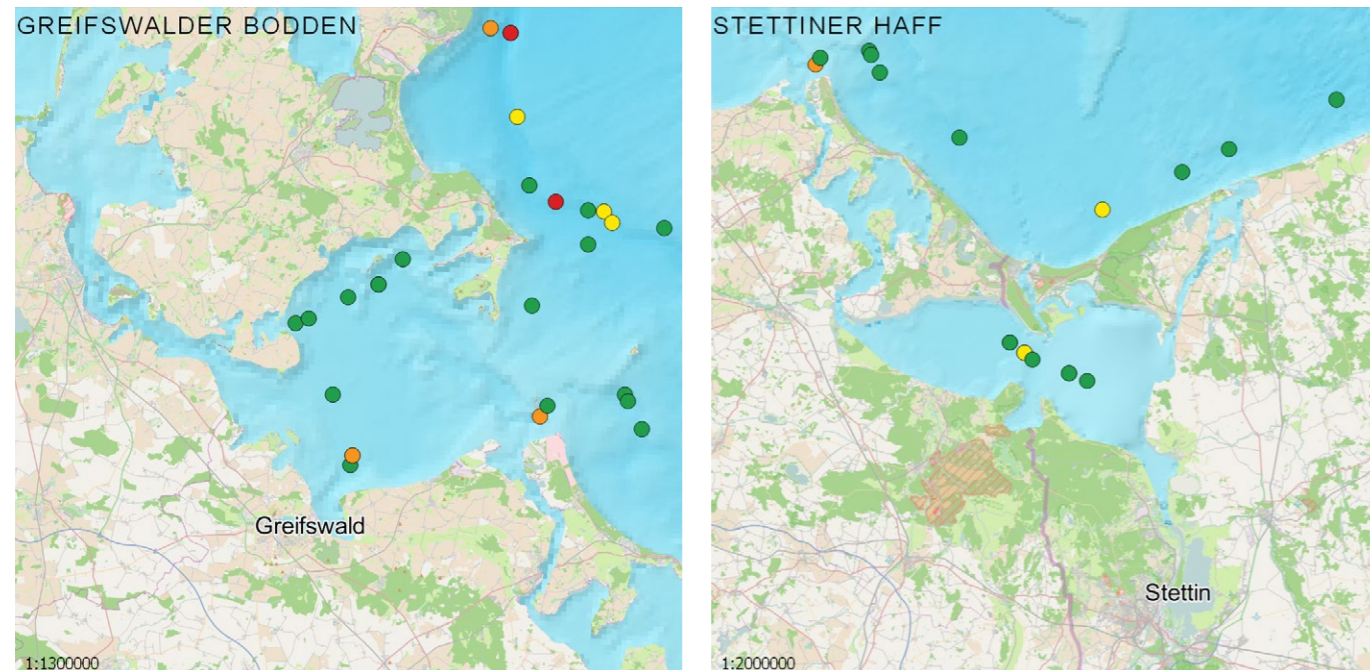


Meeresgrund vor Swinemünde August 2018 (53.9339 N, 14.2285E): Brackwasser, Sandgrund, Sandklaffmuscheln. Wahrscheinlich aktueller Sauerstoffmangel in Bodennähe, lokal leichte Schwarzfärbung durch sulfidbildende Bakterien.

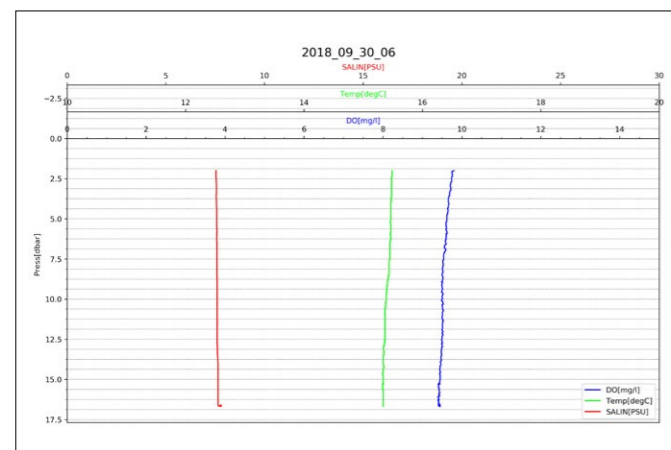


Greifswalder Bodden und Gewässer südlich von Rügen (Rügischer Bodden) und Peenestrom, Sauerstoffmessungen in fünf Meter Tiefe. Die Sauerstoffmessungen mit der CTD-Sonde wurden im September und Oktober 2018 durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden. Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.





Greifswalder Bodden und Gewässer südlich von Rügen (Rügischer Bodden) und Peenestrom, Sauerstoffmessungen am Meeresgrund. Die Sauerstoffmessungen mit der CTD-Sonde wurden im September und Oktober 2018 durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden.  
 Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



**Sauerstoffmessung 2018\_09\_30\_06**  
 Greifswalder Bodden, südlich Rügen, 54.0892N, 14.1125E.  
 Typische Messung für den Bereich zwischen Greifswald und Swinemünde.  
 Keine Sauerstoffabnahme, Konzentration am Meeresgrund > 8 mg/l.



Eine Wasserprobe, die kurz darauf an Bord der Beluga II analysiert wird.

Die Messungen in den flachen Gewässern südlich von Rügen und entlang der Küste vor Usedom zeigen im Vergleich zu den Messungen östlich der Insel keine Sauerstoffabnahme am Meeresgrund. Möglicherweise sind diese Ergebnisse aber eine Folge der Witterung: In dieser Region dürften Ende September kräftige Stürme für eine Durchmischung des Seewassers bis in Tiefen von 20 Metern gesorgt haben, sodass sauerstoffreiches Wasser aus oberflächennahen Schichten nach unten gelangte.

Auch die Messungen in den flachen Binnengewässern im Stettiner Haff und Oderhaff weisen keine oder nur eine geringe Sauerstoffabnahme auf. Die Messungen vor der Dänischen Wiek im Greifswalder Bodden zeigen dagegen eine deutliche Sauerstoffabnahme und zwar auch im flachen Wasser, bei einer Tiefe von nur 3,5 Metern.

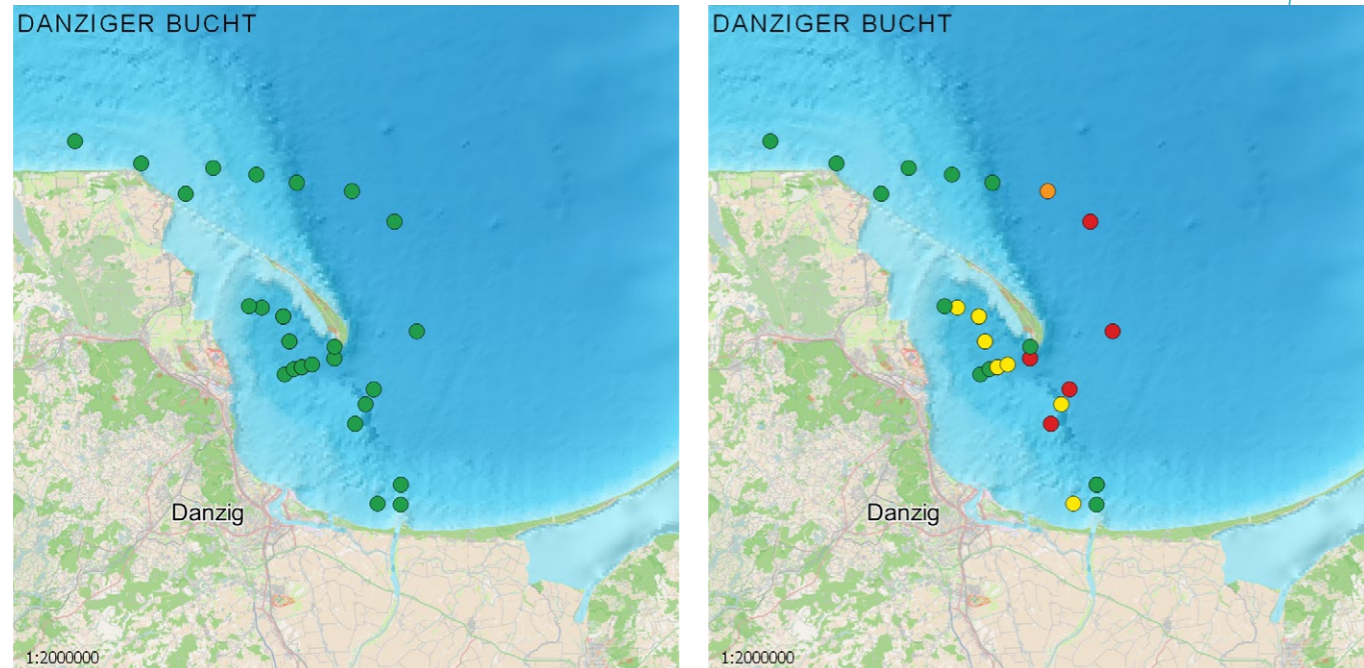
Greenpeace-Taucher dokumentierten im August 2018 den Zustand des Meeresbodens im Oderhaff und im Stettiner Haff. Am Meeresgrund finden sich sowohl sehr belebte sauerstoffreiche als auch anaerobe Bereiche.

## FAZIT

In den flachen Gewässern südlich von Rügen, nördlich von Greifswald, entlang der Küste von Usedom bis Swinemünde und auch im Binnengewässer vor der Odermündung im Stettiner Haff gibt es kaum sauerstoffarme Zonen. Die Wassersäule ist zum Zeitpunkt der Messungen Ende September und Anfang Oktober durchmischt.

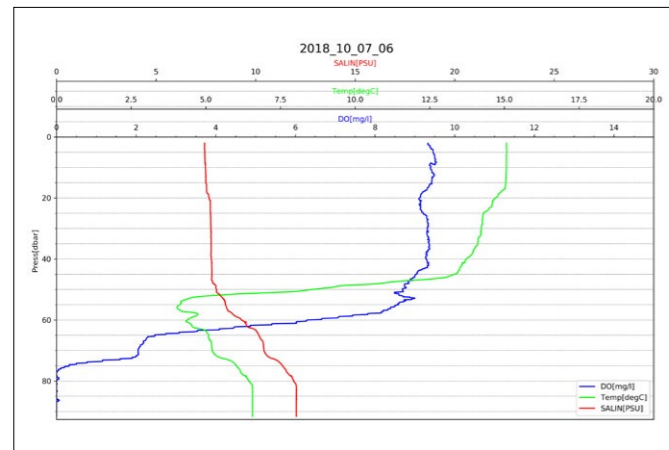
Dennoch zeigen die Aufnahmen der Tauchgänge auch am Meeresgrund des Oderhaffs neben gut belebten Zonen sauerstoffarme Bereiche und damit Anzeichen für Folgen von Überdüngung (Eutrophierung). Dazu dürften die Nährstoffeinträge aus den Zuflüssen Oder und Peene in das Stettiner Haff sowie den Peenestrom mit Achterwasser gelangen, siehe Tabellen auf den Seiten 39 und 40. Auch das Wasser der Ryck weist im Januar eine sehr hohe Stickstoffkonzentration von zehn Milligramm Gesamt-Stickstoff auf und sorgt so für Nährstoffeintrag in den Greifswalder Bodden.

## 1.2. POLNISCHE OSTSEEKÜSTE SWINEMÜNDE BIS DANZIGER BUCHT



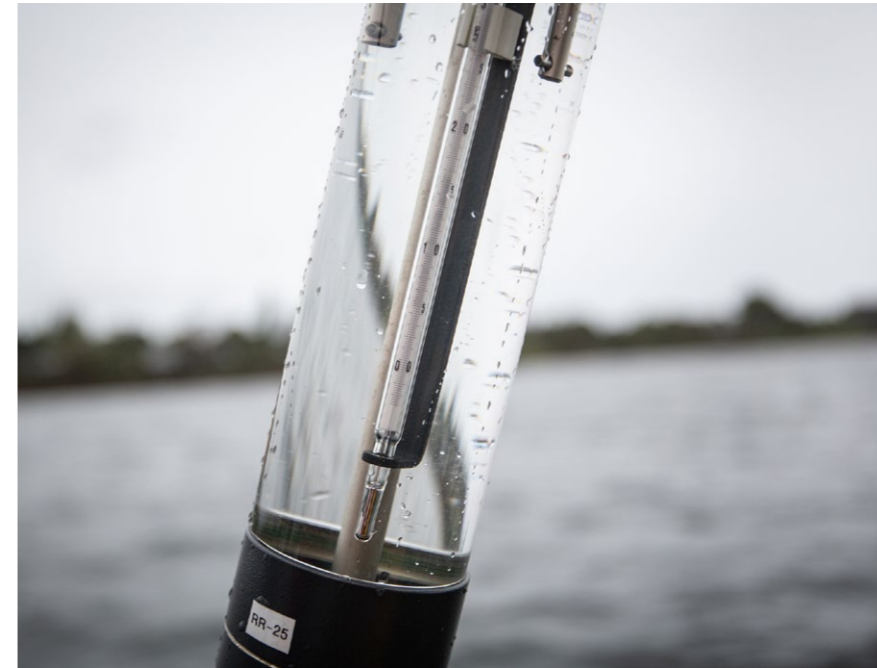
Polnische Ostseeküste von Stettin bis zur Danziger Bucht. Im Oktober 2018 wurden in diesem Bereich insgesamt 40 Messungen mit der CTD-Sonde durchgeführt, links sind die Messungen in fünf Meter Tiefe und rechts die Messungen am Meeresgrund aufgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden.

Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Sauerstoffmessung 2018\_10\_07\_06

54.7631N, 18.9382E, Danziger Bucht vor der Halbinsel Hel. Das Messergebnis ist typisch für tiefe küstennahen Gewässer ab etwa 60 Meter Wassertiefe in der Bucht. Deutlich ausgeprägte Sprungschicht (Halokline). Der Salzgehalt nimmt sprunghaft zu bei gleichzeitiger starker Abnahme der Sauerstoffkonzentration, die am Meeresgrund deutlich unter 1 mg/l liegt.



Eine sogenannte „Niskin-Flasche“ zur Probenahme von Wasser aus definierter Wassertiefe.

Entlang der polnischen Ostseeküste zwischen Swinemünde im Westen und der Danziger Bucht im Osten wurden in küstennahen Gewässern insgesamt 40 Messungen durchgeführt. Das Wasser ist hier zwischen 10 und 13 Metern tief. Zum Zeitpunkt der Messungen wurden keine sauerstoffarmen oder sauerstofffreien Zonen gefunden. Auch im Bereich zwischen Mielno und Wladyslawowo an der Nordost-Seite der Danziger Bucht gab es in Tiefen von 25 bis 30 Metern keine sauerstoffarmen Zonen.

Zwischen Kolobrzeg und Mielno zeigen die Messungen ab einer Wassertiefe von gut 36 Metern eine deutlich ausgeprägte Sprungschicht, von der an die Konzentration des gelösten Sauerstoffs abnimmt, bis sie am Meeresgrund Werte von zwei bis drei Milligramm pro Liter erreicht. In der Danziger Bucht östlich der Halbinsel Hel wurden Messungen bis in Wassertiefen zwischen 62 und 90 Metern durchgeführt. Die Konzentration des gelösten Sauerstoffs am Meeresgrund liegt hier deutlich unter einem Milligramm pro Liter.

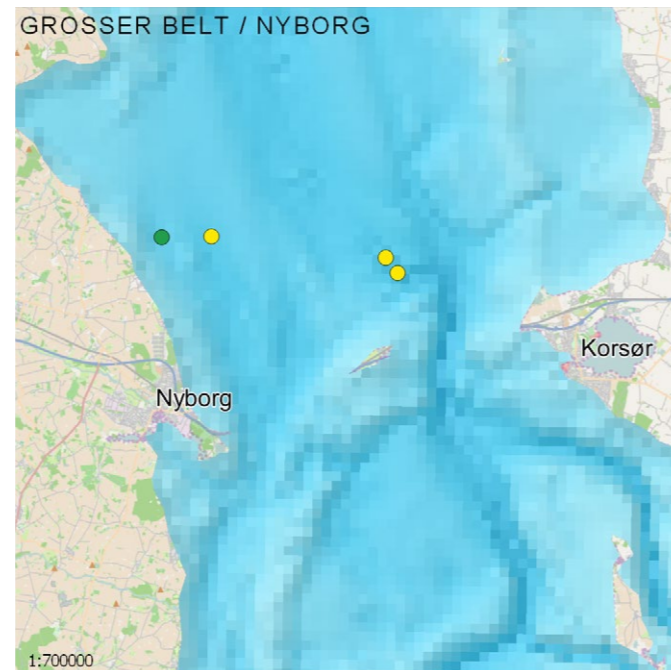
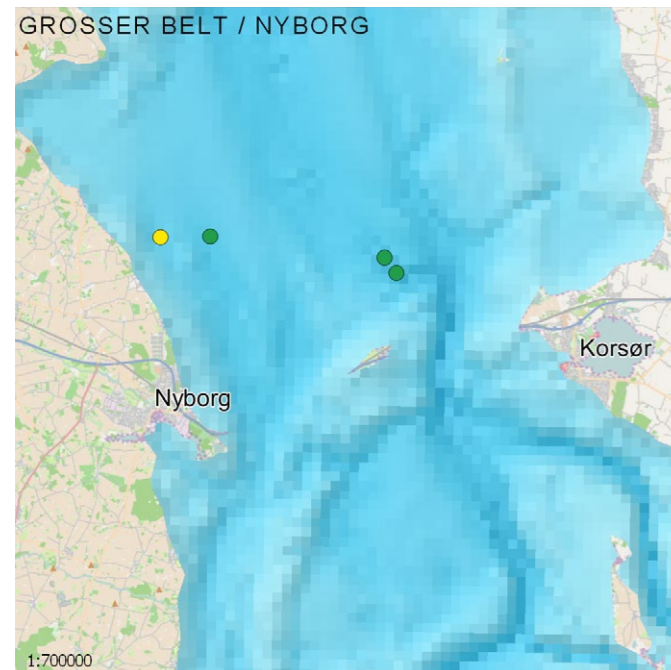
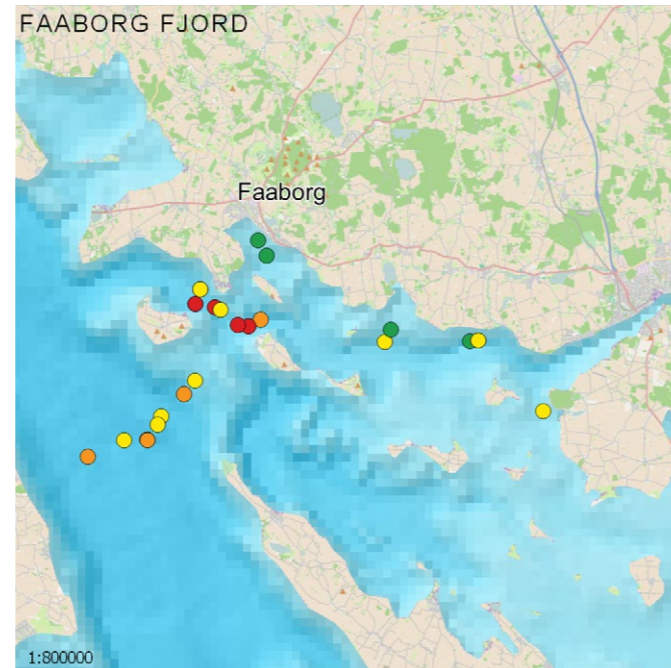
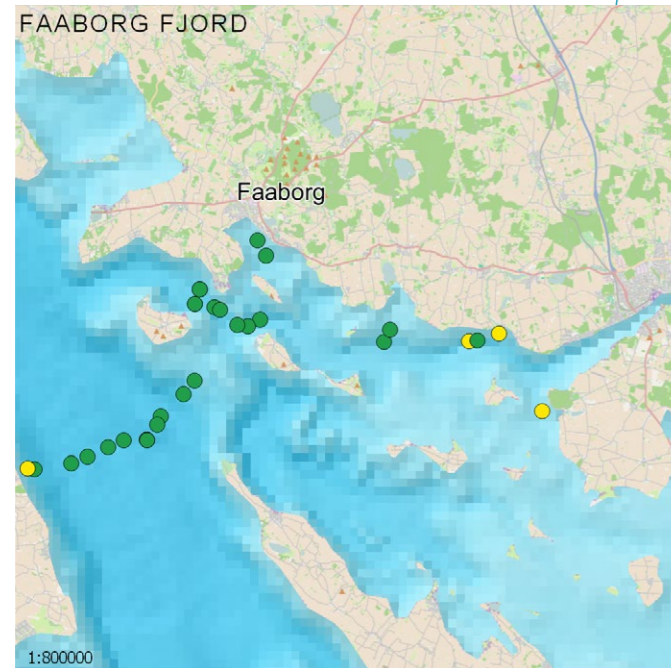
Die Untersuchung von Wasserproben aus der Weichsel geben Hinweise auf Nährstoffeintrag in die Danziger Bucht mit dem Flusswasser. Allerdings ist die Konzentration aufgrund der andauernden Trockenheit zum Zeitpunkt der Probenahme nicht oder nur geringfügig erhöht. Niechorze, Czerwona, Darlowo und Klasztorna zeigen ein ähnliches Bild. Weitere Untersuchungen nach Regenfällen sind geplant.

### FAZIT

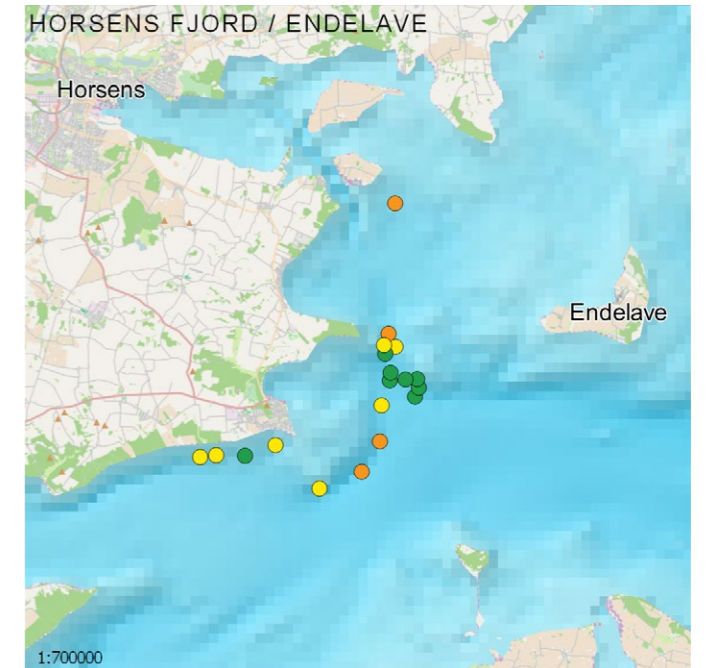
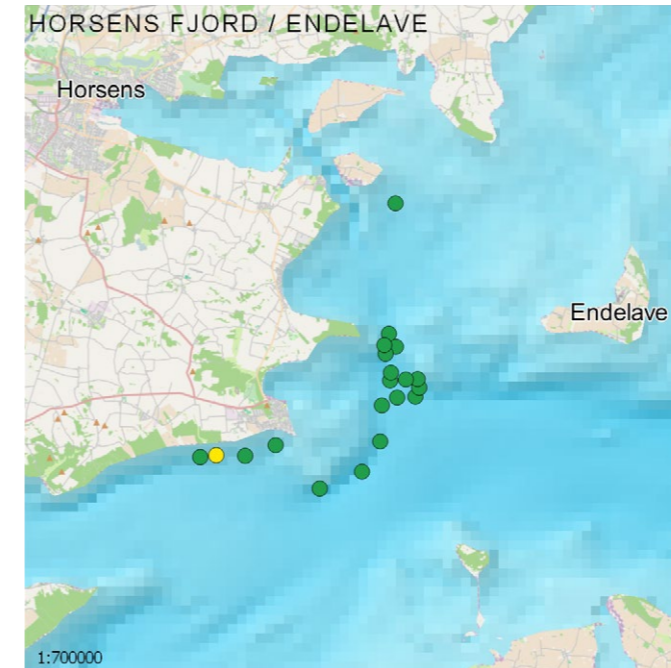
In den küstennahen Gewässern entlang der polnischen Ostseeküste von Swinemünde bis zur Danziger Bucht sind keine sauerstoffarmen Gebiete am Meeresgrund messbar. Die Wassersäule ist zum Zeitpunkt der Probenahme Anfang Oktober gut durchmischt. Todeszonen finden sich aber in etwas größerer Entfernung zur Küste und in der Danziger Bucht. In Gewässertiefen zwischen 40 und 90 Metern ist die Wassersäule weniger durchmischt und es kann eine Sprungschicht (Halokline) ermittelt werden. Unterhalb von gut 36 Metern nimmt der Salzgehalt deutlich zu, bei gleichzeitiger Abnahme der Konzentration des gelösten Sauerstoffs (DO) bis auf etwa zwei Milligramm pro Liter. In den tieferen Bereichen der Danziger Bucht sinkt die DO-Konzentration auf Werte unter ein Milligramm pro Liter.

## 1.3. DÄNISCHE OSTSEEKÜSTE

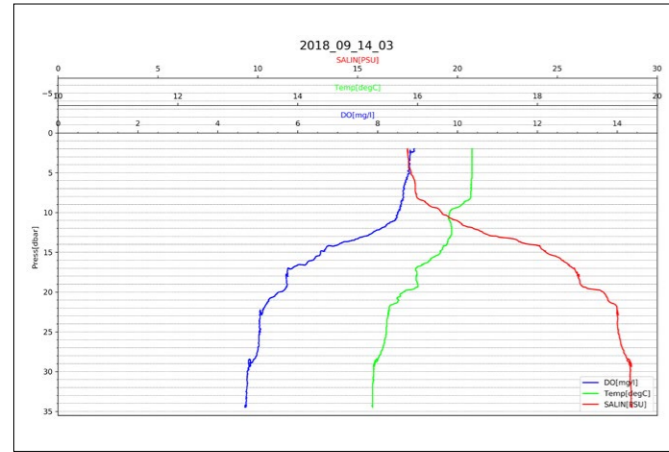
### RUND UM FÜNEN



Übersicht der Messungen von gelöstem Sauerstoff (dissolved oxygen) in dänischen Gewässern um Fünen, Messungen in fünf Metern Tiefe (links) und am Meeresgrund (rechts). Im September und Oktober 2018 wurden in diesem Bereich von Bord der Beluga II insgesamt 49 Messungen mit der CTD-Sonde durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden.  
Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



Übersicht der Messungen von gelöstem Sauerstoff (dissolved oxygen) in dänischen Gewässern um Fünen, Messungen in fünf Metern Tiefe (links) und am Meeresgrund (rechts). Im September und Oktober 2018 wurden in diesem Bereich von Bord der Beluga II insgesamt 49 Messungen mit der CTD-Sonde durchgeführt. Die Karten zeigen Messpunkte, an denen die Sauerstoffkonzentrationen über dem Meeresgrund erfasst wurden.  
Rot: Messwert < 2 mg/l, orange: Messwert zwischen 2 und 4 mg/l, gelb: Messwert zwischen 4 und 6 mg/l, grün: Messwert > 8 mg/l.



#### Sauerstoffmessung 2018\_09\_14\_03

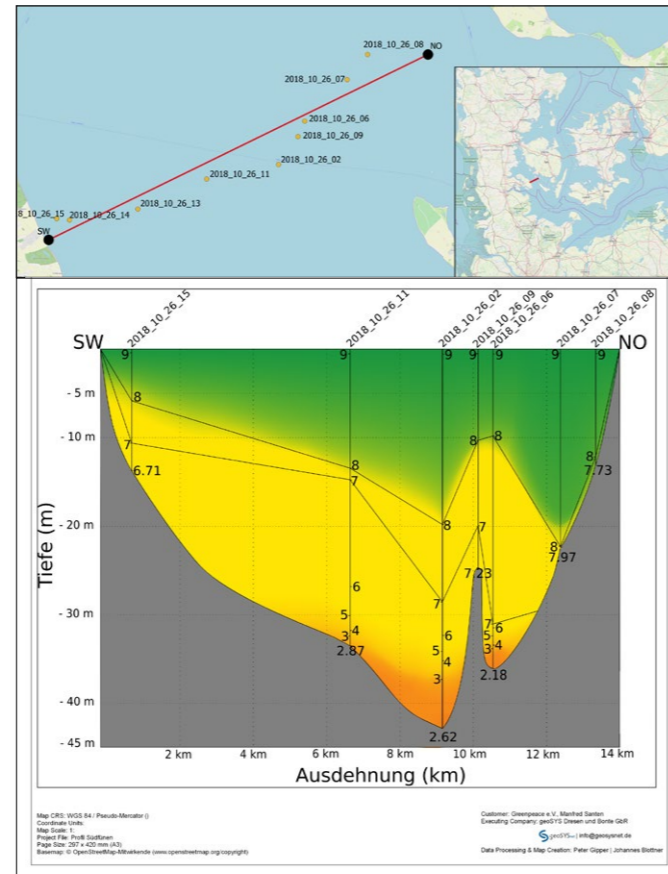
55.3823N, 10.9813E. Großer Belt, deutliche Sauerstoffabnahme ab ca. 30 Meter Konzentration am Meeresgrund in 35 Metern Tiefe liegt bei ca. 4,5 mg/l.

Nördlich von Lyö und Avernake in der Faaborg-Bucht wurde entlang einer gut fünf Kilometer langen Linie der tiefsten Stellen in Ost-West-Richtung gemessen. Die Proben wurden in einem Zeitraum mit von wochenlangem ruhigen Wetter und geringer Strömung sowie wenig Wind genommen. Die Wassersäule war entsprechend wenig durchmischt. Ab einer Wassertiefe von etwa 15 Metern nimmt die Konzentration des gelösten Sauerstoffs (DO) deutlich ab. Die Ostsee ist hier zwischen 18 und 25 Metern tief, der DO-Wert liegt jeweils deutlich unter zwei Milligramm pro Liter. In diesen Zonen werden sich am Meeresgrund keine Fische aufhalten und auch bodenlebende Organismen sind kaum lebensfähig.

Weitere Messungen in Küstennähe wurden entlang der südlichen Küste Fünens von Faaborg bis zur Insel Tasinge durchgeführt. Die Wassertiefen betragen hier zwischen 6 und 25 Metern. Am Tag der Messungen im September 2018 wurden keine sauerstoffarmen Bereiche festgestellt.

Im Kleinen Belt wurden entlang einer Strecke von 11,5 Kilometern zwischen den Inseln Lyo und Als in regelmäßigen Abständen Sauerstoffmessungen vorgenommen. Ab einer Tiefe von 25 Metern nimmt hier der Sauerstoffgehalt ab und sinkt auf eine Konzentration von unter drei Milligramm pro Liter. Zum Zeitpunkt der Probenahme erfolgte offenbar eine Durchmischung der Wassersäule durch Strömung und Wind.

Während der Beluga-Tour wurden Wasserproben aus ausgewählten Ostsee-Zuflüssen im Süden und Westen der Insel Fünen sowie in Jütland zwischen Vejle und Horsens entnommen. Damit sollte ermittelt werden, ob kleine Bäche und Flüsse aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten zur Eutrophierung küstennaher Gewässer beitragen. Die gemessenen Konzentrationen von Gesamtstickstoff und Nitrat ergaben keine Hinweise auf einen Nährstoffeintrag in die Faaborg-Bucht sowie in die Gewässer östlich von Kerteminde und östlich von Nyborg. Dieses



Tiefenprofil der Sauerstoffkonzentration im Kleinen Belt.

Ergebnis ist vermutlich witterungsbedingt auf die andauernde Trockenheit zum Zeitpunkt der Probenahme zurückzuführen. Weitere Untersuchungen sind geplant.

#### FAZIT

In den küstennahen Gewässern der Dänischen Südsee werden sauerstoffarme Gebiete, sogenannte Todeszonen, in Wassertiefen ab 20 Metern angetroffen. Die Ergebnisse stimmen überein mit den von der dänischen Umweltbehörde regelmäßig veröffentlichten Zustandsberichten. Ein möglicher Zusammenhang mit Nährstoffeinträgen über Zuflüsse aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten konnte nicht nachgewiesen werden.



Sortieren von Proben im mobilen Labor an Bord der Beluga II.



## 2 NÄHRSTOFFE IN ZUFLÜSSEN DER OSTSEE

Nährstoffe sind als für Pflanzen und Tiere lebensnotwendig. Im Wasser und im Humus sind sie häufig leicht verfügbar. Doch jede Änderung des Nährstoffgehalts in der Umwelt kann erhebliche negative Auswirkungen auf Ökosysteme haben. Aus Gülle, Stallmist und Kunstdünger können die beiden Nährstoffe Stickstoff und Phosphor leicht von Lebewesen aufgenommen werden. Stickstoff liegt darin überwiegend in Form von Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumverbindungen oder Harnstoff vor; Phosphor in Form von Phosphatverbindungen oder in organischer Substanz. Beide Nährstoffe werden in der Landwirtschaft zur Förderung des Pflanzenwachstums eingesetzt.

Moderne industrielle Agrarpraktiken haben den natürlichen Stickstoff- und Phosphorkreislauf extrem verändert, mit gravierenden Auswirkungen auf globale Ökosysteme. In der EU sind 73 Prozent der Verunreinigung des Wassers mit Stickstoff- und Phosphorverbindungen aus landwirtschaftlichen Quellen auf die Produktion tierischer Lebensmittel zurückzuführen.<sup>67</sup>

Nitrat und Phosphat aus der Gülle beeinträchtigen neben dem Grundwasser auch die Wasserqualität in Seen, Flüssen und Meeren, insbesondere in den Küstengebieten. Stickstoff und Phosphat wirken als Pflanzennährstoff. Sie verändern Flora und Fauna und können zu massenhaften Algenblüten und Sauerstoffentzug führen. Tote Zonen in Gewässern sind ein bekanntes Beispiel für die Auswirkungen einer übermäßigen Nährstoffbelastung auf Ökosysteme. Sie entstehen durch überhöhte Stickstoff- und Phosphatkonzentrationen im Wasser. Dieser als „Eutrophierung“ bezeichnete Nährstoffüberschuss kann ein üppiges Wachstum von Algen und Cyanobakterien auslösen. Durch den mikrobiellen Abbau der abgestorbenen Algen kommt es in weiterer Folge zu Sauerstoffmangel. In den sauerstoffarmen oder sauerstofffreien toten Zonen können nur Organismen überleben, die mit sehr wenig Sauerstoff auskommen, zum Beispiel sulfatreduzierende Bakterien.

Jedes Jahr fließen rund 530.000 Tonnen Stickstoff in die Ostsee, über die Luft werden zusätzlich 30.000 Tonnen Stickstoff eingetragen. Obwohl die Stickstoffmenge seit Mitte der achtziger Jahre rückläufig ist, erholt sich die Ostsee nicht. Wesentliche Ursache ist die Überdüngung in der Landwirtschaft, an der Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung großen Anteil hat. Der Anteil der Landwirtschaft an der Einleitung von Stickstoff wird für den Zeitraum von 2012 bis 2014 auf mehr als 70 Prozent, der von Phosphor auf 50 Prozent geschätzt.<sup>68</sup>

2015 waren bundesweit nur zehn Prozent der natürlichen Fluss- und Bachabschnitte in einem guten oder sehr guten ökologischen Zustand, so wie es die Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) fordert. Neben der Verbauung und Begründung der Fließgewässer liegt dies an den „zu hohen, meist aus der Landwirtschaft stammenden Nährstoffbelastungen“<sup>69</sup>. In der Ostsee werden küstennah, insbesondere in der Nähe von Flussmündungen, die höchsten Nitratkonzentrationen gemessen,



Greenpeace-Taucher untersuchen den Meeresboden an Stellen, die vorher von der Beluga II beprobt und analysiert wurden.

die dann zur offenen See hin abnehmen. Im Nitratbericht 2016 werden die höchsten Nitratkonzentrationen für die Flensburger Innenförde und die Pommersche Bucht genannt.<sup>70</sup>

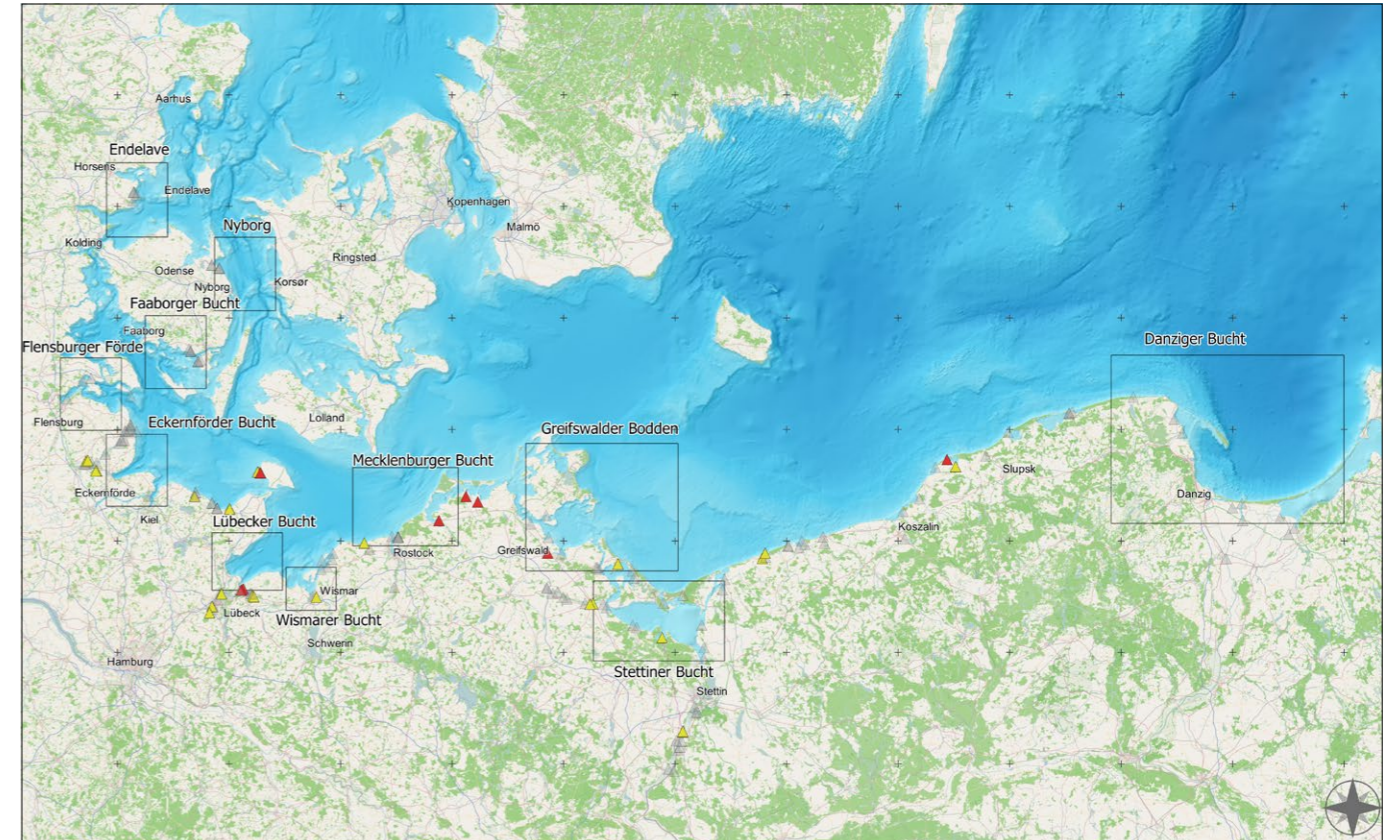
Auch die Gewässer und das Grundwasser, die für Trinkwassergewinnung genutzt werden, sind in Deutschland vielfach mit zu vielen Nährstoffen belastet und befinden sich in einem schlechten ökologischen Zustand. Im Juni 2018 verurteilte der Europäische Gerichtshof (EuGH) Deutschland, da die Bundesregierung über Jahre zu wenig gegen die hohe Nitratbelastung des Grundwassers unternommen und damit gegen EU-Recht<sup>71</sup> verstoßen hat.

Greenpeace hat 2018 Messergebnisse einer bundesweit durchgeführten stichprobenartigen Untersuchung von Wasserproben aus Oberflächengewässern veröffentlicht. Im Frühjahr und Sommer 2018 waren insbesondere die in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen analysierten Proben stark belastet.<sup>72</sup>

### MESSUNGEN UND ANALYSEVERFAHREN

Während der Beluga-Tour 2018 wurden zwischen September und November insgesamt 142 Wasserproben entlang der Küste aus Ostsee-Zuflüssen entnommen, um diese auf die enthaltenen Nährstoffe zu analysieren. Die Karte auf Seite 33 zeigt die Probenahmeorte. Weitere 42 Proben wurden zwischen Januar und März 2019 entnommen. Die Messergebnisse aller Proben finden sich in der Übersicht aller Messergebnisse ab Seite 60.

In allen Proben wurde die Konzentration an Nitratstickstoff direkt nach der Probenahme im mobilen Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. An einem Großteil der Probenahmeorte wurden Parallelproben entnommen, die auf der Beluga II gekühlt gelagert und innerhalb von 24 Stunden



Von September bis November 2018 und im Januar und Februar 2019 wurden Wasserproben in den Zuflüssen entlang der Ostseeküste entnommen. Bei den gelb markierten Proben überschreitet der Messwert das Bewirtschaftungsziel für die Ostsee von 2,6 Milligramm pro Liter (mg/l) für Gesamtstickstoff (Total N) und/oder Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N). Grau markierte Proben liegen unter 2,6 mg/l Gesamt- oder Nitratstickstoff, rot markierte liegen oberhalb von 10 mg/l.

gekühlt in ein externes Labor gebracht wurden. Dort wurden Gesamtstickstoff (Total-N), Nitratstickstoff (Nitrat-N), Nitrit, Ammonium und Gesamt-Phosphor (Total-P) bestimmt.

Die von Greenpeace selbst vorgenommenen und die beauftragten Analysen stellen eine Momentaufnahme der Belastung zum Zeitpunkt der Probenahme dar und haben im Vergleich zu offiziellen Monitorings den Charakter und Umfang von Stichproben. Aus den Ergebnissen können keine umfassenden Rückschlüsse auf den ökologischen Zustand der Ostseezuflüsse gezogen werden. Hierfür werden über einen längeren Zeitraum erhobene Jahresmittelwerte benötigt.

Die Bestimmungsgrenze der im Labor an Bord angewendeten photometrischen Methode liegt bei 0,23 Milligramm pro Liter (mg/l). In 33 (23 Prozent) der in 2018 entnommenen Proben lag die Konzentration von Nitrat-N unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Als Grundlage für die Bewertung der Messergebnisse wird das für die Ostsee festgelegte Bewirtschaftungsziel von 2,6 Milligramm pro Liter für Gesamtstickstoff herangezogen. Dieser Wert soll im limnisch-marinen Übergangsbereich, also dort, wo Bäche oder Flüsse in die Ostsee münden, nicht überschritten werden.<sup>73</sup> Wenn entweder der Messwert für Nitratstickstoff

oder der Messwert für Gesamtstickstoff den Bewirtschaftungszielwert erreicht oder überschreitet, wird die Konzentration der Probe als auffällig erhöht eingestuft – in den folgenden Tabellen gelb markiert. Die Konzentration von 2,6 mg/l wird in 77 % (109 von 142) der im Jahr 2018 entnommenen Proben unterschritten. Von den 42 in 2019 entnommenen Proben weisen 64 % (27) eine Konzentration von weniger als 2,6 mg/l auf.

Für die Bewertung der gemessenen Nitratwerte ist ein zweiter Vergleichswert angegeben. Unbelastetes natürliches Grundwasser hat einen Nitratwert von unter zehn Milligramm pro Liter.<sup>74</sup> Wenn die Konzentration 10 mg/l erreicht oder überschreitet, wird der Messwert als hoch eingestuft, die Probe wird in der Tabelle orange markiert.

Nach EU-Recht müssen die nationalen Regierungen Maßnahmen zum Schutz der Flüsse, Kanäle und Wasserorganismen ergreifen, wenn der zulässige EU-Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter überschritten wird.<sup>75,76</sup>

Für die Bewertung der Nitritkonzentration wird der Schwellenwert herangezogen, der gemäß den Wasserschutzvorschriften der EU für die Feststellung des „guten ökologischen Zustands“ (0,03 Milligramm Nitrit pro Liter) erforderlich ist.<sup>77</sup>

Für die Bewertung der Messwerte für Gesamtphosphor wird der Orientierungswert von 0,15 Milligramm pro Liter für organische Bäche und Flüsse des Norddeutschen Tieflandes herangezogen.<sup>78</sup>

## HÖCHSTWERTE IM FRÜHJAHR 2019

Im Untersuchungszeitraum September bis November 2018 sowie von Januar bis März 2019 wurden insgesamt 184 Proben aus Ostseezuflüssen entnommen, davon 19 in Dänemark und 50 in Polen. Die Proben stammen in der Regel aus Bächen und Kanälen, die oft von Vorflutern aus der Entwässerung in landwirtschaftlichen Gebieten gespeist werden. Außerdem wurden Wasserproben aus den großen Zuflüssen wie Trave, Warnow, Oder und Weichsel entnommen. Die Probenahme fand jeweils im limnisch-marinen Übergangsbereich der Mündung statt sowie im angrenzenden limnischen Bereich flussaufwärts.

In 13 von 142 in 2018 genommenen Proben (9 Prozent) wurde der Orientierungswert von 2,6 Milligramm pro Liter an Gesamtstickstoff (Total-N) beziehungsweise Nitratstickstoff (Nitrat-N) erreicht bzw. überschritten. In drei Proben wurde eine Konzentration oberhalb von 10 Milligramm pro Liter gemessen.

Auf Basis der Ergebnisse aus 2018 wurden für die Probenahme in 2019 Entnahmestellen exemplarisch ausgewählt, um die Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen nach Regenereignissen und nach Beginn der Gülleausbringsaison ab dem 1. Februar zu dokumentieren. In 18 von 42 in 2019 entnommenen Proben (43 Prozent) liegt die Total-N-Konzentration bzw. die Nitrat-N-Konzentration oberhalb 2,6 Milligramm pro Liter, davon in drei Proben oberhalb von 10 Milligramm pro Liter.

Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse nach Ländern und Regionen beschrieben:

Deutsche Ostseezuflüsse:

- Flensburger Förde
- Schlei
- Hohwacht
- Fehmarn
- Lübecker Bucht und Wismarer Bucht: Trave und Stepenitz
- Warnow / Stralsund / Greifswald
- Peene / Oder / Stettiner Haff
- Polnische Ostseeküste und Danziger Bucht
- Dänemark / Faaborg-Bucht / Endelave / Nyborg

In Polen wiesen die Proben, die bei Nichorze und in der Glowica und Klasztorna entnommen wurden, sowohl erhöhte Konzentrationen an Stickstoff als auch an Phosphat und Nitrat auf. Alle weiteren Proben von Zuflüssen entlang der Küste östlich von Swinemünde bis zur Danziger Bucht lieferten keine signifikant erhöhten Messwerte. Auch die Proben aus der Weichsel waren zum Zeitpunkt der Probenahme nicht mit Nährstoff belastet.

In Dänemark wurden im September 2018 in den 19 Proben aus kleinen Zuflüssen der Faaborg-Bucht keine Messwerte oberhalb der Konzentration von 2,6 mg/l für Nitratstickstoff gemessen.

In Deutschland wurden während der ersten Probenahme im September deutlich erhöhte Messwerte für Total-N nur in der Trave am Dassower See (bis zu 14 Milligramm pro Liter) und in der Schlei, nahe der Füsinger Au (bis zu 2,8 Milligramm pro Liter) gemessen.

Zum Zeitpunkt der Probenahmen in 2018 herrschte bereits seit einigen Wochen anhaltende Trockenheit. Die mit der Gülle auf Felder und Äcker ausgebrachten Nährstoffe wurden mangels Regen nicht in die Entwässerungsgräben und Vorfluter geschwemmt.

Das Bild änderte sich Anfang 2019. Der höchste Messwert des Projekts wurde im Februar in einer Probe aus einem Entwässerungskanal auf Fehmarn ermittelt. Die Konzentration für Nitrat-N lag bei 36,3 Milligramm pro Liter, woraus sich eine Nitratkonzentration von 161 Milligramm pro Liter berechnet. An der Mündung dieses Kanals in die Ostsee wurde mit 4,63 Milligramm Nitrat-N pro Liter der Zielwert von 2,6 Milligramm pro Liter für den limnisch-marinen Übergang ebenfalls deutlich überschritten.

Ein ebenfalls deutlich erhöhter Messwert für Total-N wurde in der Ryck (10 Milligramm pro Liter) festgestellt, einem Zufluss zum Greifswalder Bodden. Gleiches gilt für die Wasserprobe aus dem Oldenburger Graben (6,24 Milligramm Nitrat-N pro Liter), einem Zufluss am Weißenhäuser Strand / Hohwacht. Auch in den Anfang 2019 entnommenen Proben aus der Oder (4 Milligramm Total-N pro Liter) sowie den Zuflüssen der Lübecker Bucht (Stepenitz, Trave, Elbe-Lübeck-Kanal) wurde der Vergleichswert mit Messwerten zwischen 2,7 Milligramm pro Liter und 4,46 Milligramm Nitrat-N pro Liter überschritten.

Die Messungen zeigen, dass die genannten Ostsee-Zuflüsse temporär als Eintragspfad für Nährstoffe in die Ostsee fungieren.

## OSTSEEZUFLÜSSE IN DEUTSCHLAND

### FLENSBURGER FÖRDE

Wasserproben wurden sowohl in der Flensburger Förde entnommen, als auch im angrenzenden Egersund und im Westerwerker See bei Glücksburg. In den beprobten Zuflüssen zur Flensburger Förde wurden zum Zeitpunkt der Messungen im September 2019 sowie im Januar 2019 keine erhöhten Nitratstickstoffkonzentrationen vorgefunden.

### SCHLEI

Insgesamt wurden der Schlei sowie ihren Zuflüssen 23 Wasserproben entnommen, einige ausgewählte Stellen, wie etwa der Zufluss Füsinger Au, wurden mehrmals beprobt. In allen Proben wurden Stickstoffverbindungen nachgewiesen, in vier Proben von 23 (17 Prozent) wurde der Bewirtschaftungszielwert von 2,6 Milligramm Total-N und/oder Nitrat-N pro Liter erreicht oder überschritten.

Aus der Füsinger Au wurden im September und Oktober 2018 sowie im Januar und Februar 2019 insgesamt Proben entnommen. Bereits im September wurde die Konzentration von 2,8 Milligramm Total-N pro Liter im Mündungsbereich der

Füsinger Au erreicht. Im Januar (6,39 Milligramm Nitrat-N pro Liter) und im Februar (5,78 Milligramm Nitrat-N pro Liter) wurden deutlich höhere Konzentrationen gemessen. Die höhere Nährstofffracht ist vermutlich witterungsbedingt, da zwischen der ersten und der zweiten Probenahme Regenereignisse stattgefunden haben. Weitere Zuflüsse sind die Osterbek und die Hüttener Au, in denen im Januar 2019 mit 7,2 Milligramm Nitrat-N pro Liter und 4,62 Milligramm Nitrat-N pro Liter erhöhte Stickstoffwerte gefunden wurden.

Von Schleimünde bis Schleswig wurden der Schlei wurden 17 Proben entnommen. Die Probenahmestellen und Messergebnisse finden sich in der Übersicht aller Messergebnisse ab Seite 60. Darin wurden keine erhöhten Stickstoffkonzentrationen ermittelt. In zwölf dieser Proben wurde der Gesamtphosphor bestimmt. In fünf Proben (42 Prozent) lag der Messwert über 0,15 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes.

Die Nitratkonzentrationen liegen in allen untersuchten Proben unterhalb des EU-Grenzwerts von 50 Milligramm pro Liter. Zum Zeitpunkt der Probenahme überschreiten die gemessenen Nitritkonzentrationen in keiner der untersuchten Proben den Schwellenwert des „guten ökologischen Zustands“ von 0,3 Milligramm pro Liter.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> -N (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Total P
Schlei /Fahrdorf, Ziegeleiweg	54.5179	9.6264	19.09.2018	2,6	11,51	2,60	< 0,04	2,50	< 0,01	0,09
Schlei/NSG Reesholm	54.5179	9.6266	19.09.2018	2,57	11,38	2,80	< 0,04	2,50	< 0,01	0,08
Füsinger Au/ Füsing Raiffeisenstraße	54.5357	9.6426	25.10.2018	0,36	1,59	2,10	< 0,04	2,40	< 0,01	0,09
Füsinger Au/ 150m zur Mündung in die Schlei	54.5319	9.6268	24.01.2019	6,39	28,29					
Füsinger Au/ Füsing Schleidörfer Straße	54.5354	9.6377	25.02.2019	1,48	6,55					
Füsinger Au/ Füsing Raiffeisenstraße	54.5354	9.6430	25.02.2019	5,78	25,57					
Osterbek, Schlei-Zufluss/Fleckeby	54.4857	9.7121	12.01.2019	7,20	31,87					
Große Hüttener Au, Schleid Zufluss/Fleckeby	54.4887	9.7069	12.01.2019	4,62	20,44					

### Nährstoffmessungen in Zuflüssen der Schlei

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe für die Zuflüsse der Schlei (Füsinger Au, Osterbek, Große Hüttener Au). Die Konzentrationsangabe erfolgt in mg/l (Milligramm pro Liter). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, wurden Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N) gemessen.

Messergebnis für Gesamt-Stickstoff (Total-N) oder Nitrat-Stickstoff (NO<sub>3</sub>-N) größer oder gleich 2,6 mg/l

Messergebnis für Gesamt-Stickstoff (Total-N) oder Nitrat-Stickstoff (NO<sub>3</sub>-N) größer oder gleich 10 mg/l

## MÜHLENAU UND HOHWACHT

Im September 2018 wurden 8 Wasserproben aus den Zuflüssen der Ostsee zwischen Kiel und Fehmarn entnommen. Die Analysen zeigen, dass im Januar 2019 Stickstoffverbindungen in der Mühlenau (3,96 Nitrat-N Milligramm pro Liter) nördlich der Hohwachter Bucht und im Oldenburger Graben (6,24 Nitrat-N Milligramm pro Liter) südlich der Hohwachter Bucht nachzuweisen sind. Im September 2018 war dies noch

nicht der Fall. Beide Zuflüsse sind Entwässerungen aus landwirtschaftlich genutztem Gebiet, die in die Ostsee fließen.

In 8 der 13 Proben wurde Gesamtphosphor bestimmt. In zwei der Proben aus der Mühlenau wurde ein Wert von 0,15 Milligramm pro Liter gemessen. Die acht Proben wurden auch auf Nitrat und Nitrit geprüft, die ermittelten Werte lagen unterhalb der Vergleichswerte.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	Total P
Nord-Ostsee-Kanal/Kiel	54.3688	10.1339	25.01.2019	0,33	1,46					
Mühlenau	54.3851	10.5097	20.09.2018	1,96	8,68	2,00	< 0,04	2,00	< 0,01	0,33
Mühlenau	54.3849	10.5092	20.09.2018	2,03	8,99	2,30	< 0,04	2,30	< 0,01	0,40
Mühlenau/Hohenfelde	54.3666	10.5015	12.01.2019	3,96	17,53					
Mühlenau/Malmsteg	54.3649	10.5092	25.01.2019	0,45	1,98					
Kossau/Hohwacht	54.3356	10.6446	20.09.2018	0,25	1,11	1,80	0,38	< 0,5	< 0,01	0,12
Kossau/Hohwacht	54.3362	10.6420	20.09.2018	0,43	1,90	1,50	0,26	< 0,5	< 0,01	0,06
Nessendorfer Mühlenau/Hohwacht	54.3103	10.6835	20.09.2018	0,33	1,46	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,04
Nessendorfer Mühlenau/Hohwacht	54.3109	10.6816	20.09.2018	0,34	1,51	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,04
Schlendorf/Nessendorfer Mühlenau	54.3112	10.6844	25.01.2019	0,48	2,10					
Oldenburger Graben/Hohwacht	54.3096	10.7831	20.09.2018	0,39	1,73	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,12
Oldenburger Graben/Hohwacht	54.3059	10.7886	20.09.2018	0,44	1,95	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,12
Oldenburger Graben/Weißenhäuser Strand	54.3076	10.7848	25.01.2019	6,24	27,60					

### Nährstoffmessungen in Ostsee-Zuflüssen nördlich und südlich der Hohwachter Bucht

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in Ostseezuflüssen in der Hohwachter Bucht sowie nördlich und südlich davon. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, wurden Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N) gemessen.

## FEHMARN

Die Wasserproben wurden in der Kopendorfer Au entnommen, einem Entwässerungskanal, der an der Westküste Fehmarns in die Ostsee mündet. Eine Probenahmestelle befindet sich am Schöpfwerk in der Nähe des Einleiters in die Ostsee. Weitere Proben wurden landeinwärts entnommen.

In acht von neun Proben aus der Kopendorfer Au sind Stickstoffverbindungen nachgewiesen. In zwei dieser Proben wurden Nitrat-N-Konzentrationen oberhalb des Vergleichswerts von 2,6 Milligramm pro Liter gefunden.

Die erste Probenahme fand während der Beluga-Ostseetour im September statt. Zu diesem Zeitpunkt waren keine erhöhten Messwerte für die Stickstoffverbindungen zu verzeichnen. Die Proben wurden in einem externen Labor auf weitere Nährstoffe wie Gesamtphosphor (Total-P), Ammonium, Nitrit- und Nitratstickstoff untersucht. In zwei von drei untersuchten Proben aus

der Kopendorfer Au wird der Vergleichswert von 0,15 Milligramm pro Liter für Total-P überschritten (0,38 bzw. 0,37 mg/l).

Im Januar wurde an den gleichen Probenahmestellen Nitratstickstoff in einer Konzentration um ein Milligramm pro Liter gefunden. Die Probenahme im Februar zeigte dagegen höhere Messwerte. Am Einleiter in die Ostsee lag die Nitrat-N-Konzentration bei 4,63 Milligramm pro Liter, landeinwärts wurden sogar 36,29 Milligramm pro Liter gemessen. Dies ist die höchste Konzentration, die im Laufe des gesamten Projekts festgestellt wurde.

Die Messwerte zeigen, dass die Kopendorfer Au temporär eine Nährstoffquelle für die Ostsee darstellt. In unmittelbarer Nähe zur Kopendorfer Au befinden sich zwei große Schweinemast- und Sauenbetriebe, eine davon mit 9.000 Mast- und knapp 4.000 Sauenaufzuchtplätzen. Eine mögliche Erklärung für den deutlichen Anstieg der Nitratwerte im Februar ist, dass ab dem 1. Februar Gülle ausgebracht werden darf.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	Total P
Kopendorfer Au, Zufluss/Wallnau, Fehmarn	54.4810	11.0148	20.09.2018	0,36	1,59	< 10	< 0,20	< 1	< 0,01	0,05
Kopendorfer Au/Fehmarn	54.4797	11.0224	20.09.2018	0,29	1,28	< 10	0,69	< 1	< 0,01	0,38
Kopendorfer Au/Fehmarn	54.4773	11.0332	25.10.2018	< 0,23		< 1	0,04	< 0,5	< 0,01	0,37
Kopendorfer Au, Schöpfwerk/Wallnau, Fehmarn	54.4819	11.0112	25.10.2018	< 0,23						
Kopendorfer Au, Schöpfwerk/Wallnau, Fehmarn	54.4818	11.0112	12.01.2019	0,47	2,09					
Kopendorfer Au/Kopendorf, Fehmarn	54.4767	11.0362	12.01.2019	1,04	4,60					
Kopendorfer Au, Schöpfwerk/Wallnau, Fehmarn	54.4819	11.0112	02.02.2019	0,88	3,90					
Kopendorfer Au, Zufluss/Wallnau, Fehmarn	54.4810	11.0220	02.02.2019	1,21	5,36					
Kopendorfer Au, Schöpfwerk/Wallnau, Fehmarn	54.4818	11.0111	25.02.2019	4,63	20,50					
Kopendorfer Au/Kopendorf, Fehmarn	54.4773	11.0325	25.02.2019	36,29	160,64					

### Nährstoffmessungen auf Fehmarn

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in der Kopendorfer Au, die an der Westküste Fehmarns in die Ostsee mündet. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N).

### LÜBECKER BUCHT UND WISMARER BUCHT, ZUFLÜSSE TRAVE UND STEPENITZ

Mit einer Reihe von Wasserproben wurde die Nährstofffracht der Trave, des Elbe-Lübeck-Kanals und der Stepenitz geprüft. Zum Zeitpunkt der Probenahme im September fand das externe Labor in einer Probe aus der Stepenitz sowie in zwei Proben aus der Trave z. T. stark erhöhte Konzentrationen an Stickstoffverbindungen. Hingegen zeigte die Untersuchung von Nitratstickstoff in diesen Proben an Bord der Beluga keine Auffälligkeiten. Die zweite Beprobung im Februar 2019 zeigte, dass der Bewirtschaftungszielwert in den Wasserproben aus der Trave (3,83 Milligramm Nitrat-N pro Liter) südlich von Lübeck, der Schwartau-Mündung nördlich von Lübeck (2,89 Nitrat-N Milligramm pro Liter) und des Elbe-Lübeck-Kanals (4,46 Milligramm Nitrat-N pro Liter) überschritten wurde.

Dieser Wert wurde in vier von acht Proben aus der Stepenitz sowie dem Dassower See überschritten, zum Teil bereits zum Zeitpunkt der Probenahme im September. Dagegen wies je eine Probe aus dem Januar und Februar 2019 keine erhöhte Konzentration an Stickstoffverbindungen auf.

13 der 19 Proben wurden nicht nur an Bord der Beluga II untersucht, sondern es wurden Parallelproben für weitere Untersuchungen in ein externes Labor gegeben. Dort wurde der Gesamtphosphor und der Gesamtstickstoff bestimmt sowie Ammonium, Nitrit- und Nitratstickstoff. Die Werte für Gesamtphosphor in Proben aus der Lübecker Bucht und Wismarer Bucht lagen in 9 von 13 untersuchten Proben (69 Prozent) über 0,15 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes. Dabei handelt es sich um Proben aus der Trave, der Stepenitz und dem Elbe-Lübeck-Kanal. Die Nitratkonzentration lagen in allen 13 Proben unterhalb des EU-Grenzwerts von 50 Milligramm pro Liter. Zum Zeitpunkt der Probenahme überschritten die gemessenen Nitritkonzentrationen in keiner der untersuchten Proben den Schwellenwert des „guten ökologischen Zustands“ von 0,3 Milligramm pro Liter.

Die Messwerte zeigen, dass die Trave, die Stepenitz und der Elbe-Lübeck-Kanal temporär eine Nährstoffquelle für die Ostsee darstellen. Insbesondere nach den Regenereignissen um die Jahreswende und den ersten Wochen des Jahres 2019 werden höhere Nährstoffkonzentrationen bestimmt. Weitere Untersuchungen sind geplant.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> -N (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Total P
Trave/Lübeck-Moisling	53.8475	10.6445	21.09.2018	0,54	2,39	< 10	0,14	1,30	0,02	0,18
Trave/Lübeck-Moisling	53.8474	10.6430	03.02.2019	3,83	16,96					
Elbe-Lübeck-Kanal/südlich Lübeck	53.8341	10.6433	21.09.2018	9,34	1,51	< 10	0,22	< 1	0,02	0,23
Elbe-Lübeck-Kanal/Trave-Mündung	53.8455	10.6534	21.09.2018	0,42	1,86	< 10	0,13	1,30	0,02	0,21
Elbe-Lübeck-Kanal/Büssau	53.8166	10.6229	03.02.2019	4,46	19,74					
Trave/Lübeck, Hafenstraße	53.8787	10.6904	21.09.2018	0,25	1,11	< 10	0,12	< 1	0,02	0,22
Schwartau/Lübeck	53.9087	10.7143	21.09.2018	0,42	1,86	< 10	< 0,2	< 1	0,01	0,19
Trave/Lübeck, Schwartau-Mündung	53.9076	10.7173	21.09.2018	0,44	1,95	< 10	< 0,2	< 1	0,01	0,19
Trave/Lübeck, Schwartau-Mündung	53.9075	10.7186	03.02.2019	2,89	12,77					
Dassower See/Dassow	53.9100	10.9532	23.09.2018	< 0,23		< 10	< 0,2	< 0,5	< 0,01	0,18
Stepenitz/Dassow	53.9083	10.9656	23.09.2018	0,53	2,35	2,20	0,11	1,00	0,02	0,16
Stepenitz/900m vor Mündung in Dassower See	53.8986	10.9691	23.09.2018	1,1	4,87	2,70	0,13	1,20	0,02	0,14
Trave, Pötenitzer Wiek/Pötenitz	53.9304	10.8928	23.09.2018	< 0,23		13,00	< 0,2	< 1	< 0,01	0,13
Trave, vor Mündung Dassower See	53.9248	10.8764	23.09.2018	0,02	0,09	14,00	< 0,2	< 1	< 0,01	0,13
Stepenitz/Prieschendorf, Ziegelei	53.8928	10.9797	23.01.2019	2,73	12,09					
Dassower See/Schwanbeck	53.9064	10.9526	23.01.2019	0,73	3,23					
Trave/Dummersdorf, Stülper Huk	53.9207	10.8651	02.02.2019	0,47	2,08					
Köppernitz/Wismar, Hafenbecken	53.8949	11.4532	21.09.2018	0,35	1,55	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,14
Wallensteingraben/Wismar, Poeler Straße	53.9015	11.4720	21.09.2018	0,35	1,55	< 10	0,51	< 0,5	0,03	0,47

#### Nährstoffmessungen Zuflüsse der Lübecker Bucht und Wismarer Bucht

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in Zuflüssen zur Lübecker Bucht; Trave, Stepenitz, Elbe-Lübeck-Kanal. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N) gemessen.

### WARNOW / STRALSUND / GREIFSWALD

Sieben Wasserproben wurden der Warnow entnommen, überwiegend im Bereich Warnemünde. Eine Probe wurde südlich in Schwaan entnommen. In diesen Proben werden die Vergleichswerte für Stickstoff und Phosphor nicht überschritten. Die Probenahmestellen sind der Übersichtskarte sowie der Übersicht aller Messergebnisse ab Seite 60 zu entnehmen.

Dort finden sich auch die Entnahmestellen und Messergebnisse für Wasserproben, die in der Nähe von Stralsund sowie im Greifswalder Bodden entnommen wurden. Auch diese wiesen keine erhöhten Messwerte für die Stickstoff-Konzentration auf.

Auffällig hingegen ist die Konzentration, die in der Probe aus der Ryck, einem Zufluss des Greifswalder Bodden, gemessen wurde. Im Januar 2019 lag hier Gesamtstickstoffkonzentration bei 10 Milligramm pro Liter. Für Gesamt-Phosphor, Nitrat, Nitrit und Ammonium gefunden wurden keine auffälligen Werte gefunden.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> -N (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Total P
Ryck/Wackerow	54.0993	13.3469	20.01.2019	9,585	42,43	10,00	0,19	7,90	0,04	0,07

#### Nährstoffmessungen in der Ryck, Zufluss zum Greifswalder Bodden

Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N).

### PEENE / ODER / STETTINER HAFF

Mit insgesamt 36 Proben wurde die Peene, die Oder und das Stettiner Haff untersucht. In sechs Proben (17 Prozent) wurde das Bewirtschaftungsziel von 2,6 Milligramm pro Liter für Gesamtstickstoff beziehungsweise Nitratstickstoff erreicht oder überschritten. 16 Proben wurden im Bereich Oder/Westoder entnommen. In zwei Proben aus der Oder und in zwei Proben aus der Westoder wurden erhöhte Konzentrationen gefunden.

Lediglich in einer von 13 Proben aus dem Bereich Peene/Peenestrom/Achterwasser wurde mit drei Milligramm pro Liter ein Messwert von mehr als 2,6 Milligramm pro Liter für Gesamtstickstoff gemessen.

Zu allen 36 Proben, in denen Nitratstickstoff direkt im mobilen Labor auf der Beluga II gemessen wurde, wurden Parallelproben für weitere Untersuchungen in ein externes Labor gegeben.

Dort wurde der Gesamtphosphor und der Gesamtstickstoff bestimmt und zusätzlich Ammonium, Nitrit- und Nitratstickstoff. Die Werte für Gesamtphosphor lagen in 7 der 36 untersuchten Proben (19 Prozent) über 0,15 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes. Dabei handelt es sich um Proben aus dem Comminer Bodden und dem Stettiner Haff.

Die Nitratkonzentration lag in allen 36 Proben unterhalb des EU-Grenzwertes von 50 Milligramm pro Liter. Zum Zeitpunkt der Probenahme überschreiten die gemessenen Nitritkonzentrationen in keiner der untersuchten Proben den Schwellenwert des „guten ökologischen Zustands“ von 0,3 Milligramm pro Liter.

Die Messwerte zeigen, dass vor allem die Oder temporär eine Nährstoffquelle für die Ostsee darstellt. Insbesondere nach den Regenereignissen um die Jahreswende und den ersten Wochen des Jahres 2019 werden höhere Nährstoffkonzentrationen bestimmt. Weitere Untersuchungen sind geplant.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N Field	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	Total P
Peene/Jarmen	53.9342	13.3388	30.09.2018	0,48	2,12	1,20	< 0,04	0,53	< 0,01	0,07
Peene/Groß Toitin	53.9093	13.3881	30.09.2018	0,41	1,82	< 1	0,04	< 1	< 0,01	0,06
Peene/Liepen	53.8833	13.5023	30.09.2018	0,37	1,66	< 1	< 0,04	< 1	< 0,01	0,08
Peene/Anklam	53.8619	13.6476	30.09.2018	0,27	1,2	1,70	< 0,04	< 1	< 0,01	0,08
<b>Peene/Anklam</b>	<b>53.8605</b>	<b>13.7102</b>	<b>30.09.2018</b>	<b>1,54</b>	<b>6,82</b>	<b>3,00</b>	<b>0,41</b>	<b>1,60</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>
Peene/Anklam, Mündung Richtgraben	53.8566	13.7936	30.09.2018	0,08	0,35	1,20	0,07	< 1	0,01	0,08
Peene/Anklam, Mündung Rosenhäger Beck	53.8417	13.8191	30.09.2018	0,27	1,2	< 1	< 0,04	< 1	< 0,01	0,07
Peenestrom/Ziemitz	54.0231	13.7632	26.09.2018	0,04	0,18	1,60	< 0,04	< 1	0,01	0,09
Peenestrom/Hohendorf	54.0310	13.7467	26.09.2018	0,02	0,09	< 10	< 0,04	< 1	< 0,01	0,10
Ziese, Zufluss Peenestrom/Hohendorf	54.0315	13.7361	26.09.2018	0,38	1,68	< 10	0,13	< 1	< 0,01	0,21
Achterwasser/Peene	54.0485	13.9130	26.09.2018	0,13	0,56	2,60	0,10	< 1	0,03	0,09
Achterwasser/Ückeritz	54.0156	14.0278	26.09.2018	0,17	0,75	2,20	0,11	< 1	0,03	0,09
Achterwasser/Peene	53.9810	14.0407	26.09.2018	0,15	0,66	2,40	0,12	< 1	0,03	0,08
Stettiner Haff, Mündung Zarow/Grambin	53.7576	14.0317	30.09.2018	0,28	1,24	< 1	< 0,04	< 1	< 0,01	0,10
Uecker, Nähe Mündung Stettiner Haff/Ueckermünde	53.7474	14.0619	30.09.2018	0,41	1,82	< 1	0,09	< 1	0,01	0,07
<b>Neuwarper See, Stettiner Haff/Nowe Warpno</b>	<b>53.6987</b>	<b>14.2678</b>	<b>30.09.2018</b>	<b>0,29</b>	<b>1,29</b>	<b>2,80</b>	<b>0,05</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>0,03</b>	<b>0,15</b>
Swina/Swinemünde	53.8643	14.2803	30.09.2018	0,08	0,35	< 1	0,04	< 1	< 0,01	0,11
Westoder/Kurów	53.3698	14.5306	01.10.2018	0,27	1,2	< 1	0,11	< 0,5	< 0,01	0,04
Westoder/Gartz	53.2051	14.3834	01.10.2018	0,42	1,86	< 1	0,09	< 0,5	< 0,01	0,38
Oder/Schwedt, Schleuse	53.0677	14.3202	01.10.2018	0,53	2,35	< 1	< 0,04	0,67	< 0,01	0,12
<b>Rurzyca, Oderzufluss/Ognica</b>	<b>53.0582</b>	<b>14.3619</b>	<b>01.10.2018</b>	<b>1,14</b>	<b>5,05</b>	<b>1,30</b>	<b>0,14</b>	<b>&lt; 0,5</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>
Oder/Marwice	53.1586	14.3979	01.10.2018	0,02	0,09	1,30	0,13	< 0,5	< 0,01	0,04
Oder/Marwice	53.1741	14.4078	01.10.2018	0,39	1,73	< 1	0,10	< 0,5	< 0,01	0,04
Oder/Marwice	53.2019	14.4251	01.10.2018	0,04	0,18	< 1	0,10	< 0,5	< 0,01	0,04
Oder/Radziszewko	53.3383	14.5375	01.10.2018	0,3	1,33	< 1	0,10	< 0,5	< 0,01	0,05
Oder, Seitenarm/Radziszewko	53.3428	14.5509	01.10.2018	< 0,23		< 1	0,10	< 0,5	< 0,01	0,04
<b>Oder/Stettin</b>	<b>53.4311</b>	<b>14.6354</b>	<b>01.10.2018</b>	<b>0,8</b>	<b>3,54</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>0,19</b>	<b>&lt; 0,5</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>
Westoder/Mescherin	53.2490	14.4343	05.11.2018	0,94	4,16	1,40	0,07	1,60	0,01	0,07
<b>Westoder/Mescherin</b>	<b>53.2462</b>	<b>14.4323</b>	<b>19.01.2019</b>	<b>3,95</b>	<b>17,49</b>	<b>4,00</b>	<b>0,20</b>	<b>3,50</b>	<b>0,03</b>	<b>0,21</b>
<b>Westoder, Mündung Ina</b>	<b>53.5342</b>	<b>14.6356</b>	<b>02.10.2018</b>	<b>0,35</b>	<b>1,55</b>	<b>2,60</b>	<b>0,07</b>	<b>2,10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,26</b>
Krepa, Zufluss zur Westoder/Radun	53.5993	14.6030	02.10.2018	0,35	1,55	1,00	0,14	< 0,5	0,01	0,17
Westoder, Gowienica-Mündung/Stepniczka	53.6521	14.6060	02.10.2018	0,3	1,33	< 1	0,07	< 0,5	< 0,01	0,23
Östliches Stettiner Haff/Smiec	53.7584	14.5869	02.10.2018	0,12	0,53	< 1	< 0,04	< 0,5	< 0,01	0,14
Camminer Bodden/Scarchowo	53.9269	14.7540	02.10.2018	0,02	0,09	1,10	0,05	< 0,5	< 0,01	0,14
Camminer Bodden/Kamien (Cammin)	53.9763	14.7711	02.10.2018	0,09	0,4	< 1	< 0,04	< 0,5	< 0,01	0,12
Stettiner Haff, Wicko Male/Misdroy	53.9007	14.4346	02.10.2018	0,09	0,4	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,08

#### Nährstoffmessungen in der Peene, der Oder und im Stettiner Haff

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in Peene und Oder sowie im Stettiner Haff. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N).



Greenpeace-Taucher übergeben Sedimentproben vom Grund der Ostsee an die Crew der Beluga II.

#### OSTSEEZUFLÜSSE IN POLEN

Es wurden 50 Wasserproben aus Ostsee-Zuflüssen in Polen entnommen. Die Werte für Gesamtstickstoff (Total-N) lagen in sechs von 50 Proben (12 Prozent) über 2,6 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes.

Die Werte für Gesamtphosphor lagen in 12 von 50 Proben (24 Prozent) über 0,15 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes. Die Proben stammen aus dem Gebiet bei Niechorze sowie aus der Głownica bzw. Klasztorna. Phosphat wird außerdem in der Wisła (Weichsel) gemessen.

Alle weiteren Proben von Zuflüssen entlang der Küste zwischen Swinemünde und der Danziger Bucht wiesen keine signifikant erhöhten Messwerte auf. Auch die Proben aus der Weichsel, die in die Danziger Bucht mündet, waren zum Zeitpunkt der Probenahme nicht mit erhöhten Stickstoffkonzentrationen belastet.

Zum Zeitpunkt der Probenahme lagen die Nitratkonzentration in allen untersuchten Proben unterhalb des EU-Grenzwertes von 50 Milligramm pro Liter. Die gemessenen Nitritkonzentrationen

überschritten in keiner der untersuchten Proben den Schwellenwert des „guten ökologischen Zustands“ von 0,3 Milligramm pro Liter.

Zum Zeitpunkt der Probenahme im Oktober und im November 2018 war die andauernde Trockenheitsphase 2018 noch nicht beendet. Dies könnte ein Grund dafür sein, dass die mit der Gülle auf Felder und Äcker ausgebrachten Nährstoffe mangels Regen nicht in die Entwässerungsgräben oder Vorfluter geschwemmt wurden. Daher sind weitere Messungen zu anderen Jahreszeiten geplant.

Zum Vergleich wird das Bewirtschaftungsziel für Total-N im limnisch-marinen Bereich der Ostsee herangezogen: Proben mit einer Konzentration von > 2,6 mg/l für NO<sub>3</sub>-N oder Total-N sind gelb markiert.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> -N (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Total P
Niechorze	54.0746	15.0751	03.10.2018	2,07	9,16389	3,70	< 0,20	3,30	0,08	0,25
Niechorze	54.0815	15.1012	03.10.2018	1,09	4,82543	1,10	< 0,04	1,00	< 0,01	0,05
Niechorze	54.0992	15.0981	03.10.2018	0,55	2,43485	2,70	0,09	< 0,5	< 0,01	0,20
Kolberg	54.1466	15.5744	03.10.2018	1,41	6,24207	1,30	0,05	1,30	0,02	0,08
Kolberg	54.1771	15.5633	03.10.2018	1,39	6,15353	1,40	0,06	1,40	0,02	0,13
Blotnica/Dźwirzyno	54.1423	15.4171	03.10.2018	1,47	6,50769	1,40	< 0,04	1,40	0,01	0,87
Rega	54.1346	15.2837	03.10.2018	1,15	5,09105	1,40	< 0,04	1,40	< 0,01	0,14
Rega	54.1327	15.2807	04.10.2018	0,05	0,22135	1,60	0,05	1,60	0,01	0,09
Dźwirzyno	54.1565	15.3912	04.10.2018	0,36	1,59372	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,06
Dźwirzyno	54.1249	15.3706	04.10.2018	0,24	1,06248	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,50
Czerwona	54.2278	15.7996	05.10.2018	0,4	1,7708	2,30	0,31	< 1	0,01	0,10
Koszalin	54.1685	16.2225	05.10.2018	0,32	1,41664	< 1	0,12	< 0,5	0,03	0,04
Jeziro Jamno	54.2963	16.2088	05.10.2018	0,23	1,01821	1,30	0,08	< 0,5	< 0,01	0,10
Jeziro Jamno	54.2823	16.1348	05.10.2018	0,08	0,35416	1,10	0,09	< 0,5	< 0,01	0,10
Bukowo Morskie	54.3560	16.3397	05.10.2018	1,81	8,01287	1,70	< 0,04	1,60	0,01	0,08
Jeziro Bukowo	54.3524	16.2731	05.10.2018	0,27	1,19529	1,80	0,33	< 0,5	< 0,01	0,08
Darłowo	54.4242	16.4005	05.10.2018	2,54	11,24458	2,40	0,04	2,40	0,03	0,07
Wicie	54.5033	16.4709	05.10.2018	0,47	2,08069	1,80	0,09	< 0,5	< 0,01	0,06
Głownica	54.5395	16.563	05.10.2018	0,71	3,14317	11,00	8,80	< 0,5	0,26	1,70
Klaszorna	54.5071	16.6319	05.10.2018	9,4	41,6138	8,60	0,21	8,80	0,08	0,13
Stupia/Ustka	54.5793	16.8572	05.10.2018	1,2	5,3124	1,70	0,11	1,20	0,05	0,08
Stupia/Stolpe	54.5563	16.8756	05.10.2018	1,09	4,82543	1,50	0,06	1,10	0,04	0,07
Lupawa/Rowy	54.6672	17.0555	06.10.2018			< 1	< 0,04	< 0,5	< 0,01	0,02
Leba	54.7547	17.5491	06.10.2018			< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,02
Leba	54.7552	17.5436	06.10.2018			< 1	< 0,04	< 1	< 0,01	0,04
Leba	54.7613	17.5713	06.10.2018			< 10	< 0,04	< 0,5	< 0,01	0,13
Debki	54.8313	18.0626	06.10.2018			1,20	0,07	0,60	< 0,01	0,08
Puck	54.7278	18.3932	06.10.2018			< 1	< 0,04	< 0,5	< 0,01	0,07
Oslonino	54.6644	18.459	06.10.2018			< 1	< 0,04	0,68	< 0,01	0,07
Wisla/Weichsel	54.3339	18.9366	06.10.2018			1,10	0,05	< 0,5	0,01	0,06
Szarpawa/Zalew Wislany	54.2649	19.2448	06.10.2018			2,20	0,42	< 0,5	0,05	0,07
Nogat	54.1897	19.3142	06.10.2018			1,20	< 0,04	< 0,5	0,01	0,06
Elblag	54.2186	19.3619	06.10.2018			1,40	0,14	< 0,5	< 0,01	0,10
Wisla/Weichsel	54.0726	18.8122	06.10.2018			2,30	< 0,04	1,90	0,01	0,51
Wisla/Weichsel	54.2543	18.9439	06.10.2018			1,30	0,05	< 0,5	< 0,01	0,04
Gdansk/Danzig	54.3137	18.8617	07.10.2018			< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,41

**Nährstoffmessungen in Polen**

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in polnischen Ostsee-Zuflüssen. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N).

**OSTSEEZUFLÜSSE IN DÄNEMARK**

Es wurden 19 Wasserproben aus dänischen Ostsee-Zuflüssen entnommen. Beprobt wurden Zuflüsse zur Faaborg-Bucht im südlichen Fünen bei Ballen und auf Tasinge. Außerdem wurden Proben aus einem Fließgewässer bei Kerteminde im nordwestlichen Fünen, nördlich von Nyborg, untersucht. Zwei weitere Zuflüsse wurden im westlichen Jütland zwischen den Buchten von Horsens und Veje beprobt.

Die Nitratkonzentration lagen in allen 19 Proben unterhalb des EU-Grenzwertes von 50 Milligramm pro Liter. In keiner der Proben wurde das Ostsee-Bewirtschaftungsziel, das bei 2,6 mg/l für Stickstoffverbindungen (Total-N, bzw. Nitrat-N) liegt, erreicht oder überschritten.

Die Werte für Gesamtphosphor lagen in 6 von 19 Proben (32 Prozent) über 0,15 Milligramm pro Liter und damit oberhalb des Orientierungswertes. Die fünf auffälligen Proben stammen aus den Bereichen Ballen und Tasinge.

Zum Zeitpunkt der Probenahme überschreiten die gemessenen Nitritkonzentrationen in keiner der untersuchten Proben den Schwellenwert des „guten ökologischen Zustands“ von 0,3 Milligramm pro Liter.

Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)				
				NO <sub>3</sub> -N Field	NO <sub>3</sub> -N (berechnet)	Total N	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Total P
Ballen/Fyn	55.0422	10.4708	12.09.18	0,66	2,92	1,5	0,11	< 0,5	0,02	0,38
Ballen/Fyn	55.0423	10.4709	12.09.18	0,60	2,66	2,2	0,07	< 0,5	0,02	0,39
Ballen/Fyn	55.0434	10.4711	12.09.18			1,8	0,06	< 0,5	0,03	0,4
Tasinge/Fyn	54.9958	10.5295	12.09.18	0,48	2,12	< 10	1,60	< 1	0,01	0,44
Tasinge/Fyn	54.9958	10.5298	12.09.18	0,52	2,30	< 10	0,67	< 1	0,02	0,25
Tasinge/Fyn	54.9959	10.5295	12.09.18	0,32	1,42	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,05
North of Juelsminde/Jylland	55.7303	10.0061	13.09.18	0,47	2,08	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,03
AS Strandby/Jylland	55.7702	10.0158	13.09.18	1,32	5,84	1,80	0,08	0,94	0,02	0,07
AS Strandby/Jylland	55.7702	10.0137	13.09.18	1,59	7,04	1,80	< 0,04	1,00	0,02	0,06
AS Strandby/Jylland	55.7569	10.0378	13.09.18	0,47	2,08	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,03
Nyborg/Kerteminde	55.4384	10.6407	14.09.18	0,36	1,59	< 10	0,26	< 1	< 0,01	0,07
Nyborg/Kerteminde	55.4385	10.6406	14.09.18	0,43	1,90	< 10	0,27	< 1	< 0,01	0,06
Nyborg/Kerteminde	55.4236	10.7006	14.09.18	0,46	2,04	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,04
Nyborg/Kerteminde	55.4243	10.7011	14.09.18	0,49	2,17	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,06
Nyborg/Kerteminde	55.4247	10.7013	14.09.18	0,34	1,51	< 10	< 0,2	< 1	< 0,01	0,06
Kirkholm/A.S. Strandby	55.7689	10.0096	25.10.18	< LOQ	4,43	1,10	0,08	< 1	< 0,01	0,05
Ballen/Fyn	55.0510	10.4560	25.10.18	0,33	1,46	< 1	0,05	0,67	< 0,01	0,08
Tasinge/Fyn	55.0011	10.5507	25.10.18	< LOQ		< 10	0,70	< 1	0,02	0,35
Nybor, Egernsund	54.9066	9.5997	24.01.19	0,29	1,28					

**Nährstoffmessungen in Dänemark**

Probenahmestellen und Messergebnisse für Nährstoffe in dänischen Ostsee-Zuflüssen. Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm pro Liter (mg/l). Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) wurde im Labor an Bord der Beluga II photometrisch bestimmt. Daraus wurde die Nitratkonzentration (NO<sub>3</sub>) berechnet. In den Proben, die von einem zertifizierten Labor untersucht wurden, fanden sich Gesamtstickstoff (Total-N) und Gesamtphosphor (Total P), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und Nitritstickstoff (NO<sub>2</sub>-N). Zum Vergleich wird das Bewirtschaftungsziel für Total-N im limnisch-marinen Bereich der Ostsee herangezogen.

## 3 MULTIRESISTENTE KEIME IN OSTSEE UND ZUFLÜSSEN



Greenpeace-Experte nimmt Wasserprobe aus einem Brackwasser (mit Verbindung zur Ostsee) in Dänemark.

Multiresistente Keime tauchen immer wieder in Stichproben auf, die in der Umwelt genommen wurden.<sup>79</sup> In Greenpeace-Analysen konnten im Sommer 2018 mit der gleichen Methodik, wie sie für die hier beschriebenen Ergebnisse angewendet wurde, in 38 Prozent der Proben (25 von 66) aus Oberflächengewässern in Deutschland ESBL-Stämme nachgewiesen werden.<sup>80</sup> Ein einheitliches, bundesweites Monitoring gibt es hierfür nicht; einzelne Bundesländer haben eigene Programme angekündigt. In einem Zwischenbericht aus Niedersachsen werden zahlreiche positive Befunde genannt<sup>81</sup>, ein Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung untersucht den Eintrag über Abwasser.<sup>82</sup>

Bei Kontakt mit multiresistenten Keimen in der Umwelt oder über belastete Lebensmittel, insbesondere über rohes Fleisch, besteht grundsätzlich die Gefahr, dass Keime auf Menschen übersiedeln und sie infizieren. Wenn sich die Keime verbreiten und damit Resistenzen zunehmen, bedroht das zunehmend die Wirksamkeit von Antibiotika, mit denen gefährliche Infektionskrankheiten bekämpft werden – insofern sind alle Funde und Nachweise bedenklich. Allein in der EU erkranken jährlich 670.000 Menschen an Infektionen durch antibiotikaresistente Erreger, 330.000 von ihnen sterben nach der Infektion.<sup>83</sup>

### BAKTERIENSTÄMME BREITEN SICH AUS

In den Proben, die Greenpeace aus Flüssen, Seen und anderen Oberflächengewässern genommen hat, fanden sich in 7 von 24 Fällen (29 Prozent) multiresistente Bakterien (sogenannte ESBL-Stämme). In zwei Proben konnten zwei unterschiedliche Stämme nachgewiesen werden, insgesamt waren es somit neun Stämme.

Die Untersuchungen von Greenpeace zeigen, wie weit multiresistente Keime in der Umwelt verbreitet sind. Antibiogramme wurden nicht angefertigt, die zur Selektion verwendeten Antibiotika stammen jedoch aus der Gruppe der sogenannten Cephalosporine der dritten Generation. Es handelt sich dabei um Wirkstoffe, die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als besonders wichtige Reserveantibiotika („Critically Important Antibiotics“/„CIAs“) eingestuft werden<sup>84</sup>: Der Einsatz dieser Wirkstoffe ist eine der ganz wenigen Möglichkeiten, schwere bakterielle Infektionen zu behandeln, insbesondere wenn andere Antibiotika bereits wegen Resistenzbildung versagen. In der Tierhaltung gehören Cephalosporine zu den wenigen Antibiotikaklassen, deren Absatzmenge in den vergangenen Jahren gestiegen ist.<sup>85</sup>

Die Ergebnisse lassen keine sicheren Rückschlüsse auf Eintragspfade zu. Eine mögliche Quelle ist aber in der Landwirtschaft ausgebrachte Gülle. 2017 fand Greenpeace ESBL in 13 von 19 untersuchten Proben Schweinegülle aus ganz Deutschland.<sup>86</sup> Der ebenfalls multiresistente Keim MRSA (multiresistenter *Staphylococcus aureus*) konnte nicht nachgewiesen werden; entsprechende Ergebnisse lieferten auch andere Untersuchungen.

Die Ergebnisse von Analysen, die multiresistente Keime nachweisen, sind allerdings nur bedingt vergleichbar, da die Verfahren kaum standardisiert sind. Die Methodik variiert meist von Labor zu Labor und von Untersuchung zu Untersuchung. Negative Ergebnisse belegen daher nicht die Abwesenheit von (multi-)resistenten Erregern, da ein komplettes Screening praktisch unmöglich ist. Es könnten durchaus Keime oder Resistenzen vorhanden sein, nach denen mit der verwendeten Analyse-methode nicht gesucht wurde. Greenpeace fordert daher ein bundesweites, einheitliches und umfassendes Monitoring für resistente Keime und Antibiotika in der Umwelt.

Jeder antibiotikaresistente Erreger und jede Antibiotikaresistenz, ganz gleich ob in Kliniken oder der Umwelt, bringt uns einem „postantibiotischen Zeitalter“ näher.<sup>87</sup> Dies gilt auch, wenn es sich bei den Erregern nicht direkt um gefährliche Krankheitserreger handelt, denn Resistenzen können zwischen verschiedenen Bakterienstämmen ausgetauscht werden (horizontaler Gentransfer). Antibiotika als wichtigste Waffe gegen Infektionskrankheiten drohen so ihre Wirkung zu verlieren.

Im Sinne des „One Health“-Ansatzes muss der Einsatz von Antibiotika in allen Bereichen der Human- und Veterinärmedizin so weit wie möglich reduziert werden. Insbesondere sind Fehl-anwendungen zu vermeiden.<sup>88</sup> Hier sind auch die Nutztierhalter in der Pflicht. Denn das Reduktionspotenzial ist in der Landwirtschaft bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Darauf weisen Untersuchungen hin, die deutlich weniger Resistenzen in alternativen Haltungssystemen nachweisen<sup>89</sup>: Bei Schweinen aus alternativen Haltungsformen sind nutztierassoziierte MRSA deutlich seltener oder gar nicht nachweisbar, wie eine Untersuchung in Betrieben bei Neuland e. V. gezeigt hat (Cuny et al., 2012)<sup>90</sup>. Biologisch gehaltene Schweine wiesen in den Niederlanden deutlich weniger MRSA auf (17 Prozent) als solche aus konventionellen Betrieben (71 Prozent).<sup>91</sup> Auch verzeichnen größere Betriebe höhere Resistenzraten als kleinere.<sup>92</sup>

Werden hingegen viele Tiere in großen Ställen unter schlechten Bedingungen gehalten, führen die höhere Infektionsgefahr und die Gruppenbehandlung von Tieren zu einem übermäßig hohen Einsatz von Antibiotika. In Geflügel- oder Schweineställen werden nicht nur den erkrankten Tieren, sondern gleich ganzen Gruppen Antibiotika verabreicht (sogenannte Metaphylaxe). Die Krankheitserreger, aber auch andere Bakterien können dabei (Multi-)Resistenzen entwickeln. Über die Abluft aus den Ställen oder das Ausbringen von Gülle oder Mist gelangen von den Tieren ausgeschiedene Antibiotika und resistente Keime und Resistenzgene in die Umwelt. Sowohl Keime als auch Antibiotika konnte Greenpeace 2017 in Schweinegülle nachweisen.<sup>93</sup> In den aktuellen Analysen muss daher die Tierhaltung als eine sehr wahrscheinliche Quelle gelten, auch wenn ein direkter Nachweis des Eintragswegs nicht möglich ist.

## DEUTSCHLAND

12 der insgesamt 24 Proben stammten aus deutschen Gewässern. Die geringe Größe der Stichproben lässt hier ebenso wie in den anderen Ländern keine allgemeinen Rückschlüsse auf die Verbreitung multiresistenter Keime zu. Hierfür wäre das von Greenpeace geforderte offizielle Monitoring notwendig.

Der in fünf Proben erfolgreiche Nachweis multiresistenter Keime (ESBL) ist dennoch ein Hinweis darauf, dass diese Bakterien in der Umwelt verbreitet vorkommen. In einem Fall, einer Probe aus der Wismarer Bucht, war Ostseewasser positiv. Vier der Proben stammten aus dem Süßwasserbach Kopendorfer Au auf Fehmarn. Die beiden im September genommenen Proben waren beide positiv, an gleicher Stelle im Oktober genommene Proben hingegen negativ. Offenbar sind multiresistente Keime zumindest an diesem Standort nicht permanent vorhanden oder haben sich noch nicht stärker ausgebreitet. Die angewandte Methodik lässt keinen Rückschluss auf die in den Proben vorhandenen Keimzahlen zu, da es sich nicht um ein quantitatives, sondern um ein qualitatives Nachweisverfahren handelt.

## DÄNEMARK

Bei allen vier in Dänemark genommenen Proben konnten mit den angewandten Labormethoden keine multiresistenten Keime nachgewiesen werden.

## POLEN

In Polen wurden acht Proben genommen und auf multiresistente Keime untersucht. In zwei Proben fanden sich multiresistente Keime (ESBL).

Land	Stadt/ Gebiet	Gewässertyp	Datum	Ergebnis AMR/ MRSA	Ergebnis AMR/ ESBL
DK	Ballen/Fyn	Fluss	12.09.2018	negativ	negativ
DK	Tasinge/Fyn	Fluss	12.09.2018	negativ	negativ
DE	Schlei/ Grödersby	Fluss	19.09.2018	negativ	negativ
DE	Schlei/ Reesholm	Fluss	19.09.2018	negativ	negativ
DE	Fehmarn/ Kopendorfer Au	Kanal	20.09.2018	negativ	positiv; Citrobacter brakii mit Resistenzen gegen Cefpodoxim und Ceftazidim und Salmonella enterica ssp arizonae mit Resistenzen gegen Cefpodoxim und Ceftazidim
DE	Fehmarn/ Kopendorfer Au	Kanal	20.09.2018	negativ	positiv; Proteus vulgaris mit Resistenz gegen Ceftazidim
DE	Wismarer Bucht	Bucht (Meer)	24.09.2018	negativ	positiv; Serratia marcescens mit Resistenz gegen Ceftazidim
DE	Warnemünde	Bucht (Meer)	25.09.2018	negativ	negativ
DE	Greifswald	Bucht (Meer)	26.09.2018	negativ	negativ
DE	Ryck	Bach	27.09.2018	negativ	negativ
DE	Stettiner Haff	Haff	30.09.2018	negativ	positiv; Citrobacter freundii mit Resistenz gegen Ceftazidim
PL	Oder	Fluss	01.10.2018	negativ	negativ
PL	Oder	Fluss	01.10.2018	negativ	negativ
PL	Kolberg	Fluss	03.10.2018	negativ	positiv; Klebsiella spp. mit Resistenz gegen Ceftazidim
PL	Rega	Fluss	03.10.2018	negativ	negativ
PL	Ustka	See	06.10.2018	negativ	negativ
PL	Leba	Fluss	06.10.2018	negativ	negativ
PL	Weichsel	Fluss	06.10.2018	negativ	positiv; Citrobacter spp. mit Resistenz gegen Cefpodoxim
PL	Eiblag	Fluss	06.10.2018	negativ	negativ
DE	Schlei/ Füsinger Au	Bach	25.10.2018	negativ	positiv; Enterobacter aerogenes mit Resistenzen gegen Cefpodoxim und Ceftazidim und Raoultella ornithinolytica mit Resistenz gegen Cefotaxim
DE	Fehmarn/ Kopendorfer Au	Kanal	25.10.2018	negativ	negativ
DE	Fehmarn/ Kopendorfer Au	Kanal	25.10.2018	negativ	negativ
DK	Tasinge	Bach	25.10.2018	negativ	negativ
DK	Ballen	Bach	25.10.2018	negativ	negativ
				24/24 negativ	7/24 positiv, davon 2 Proben mit 2 ESBL (insgesamt 9 Keime)

### Untersuchungen auf multiresistente Keime in Deutschland, Polen und Dänemark

Übersicht über die auf multiresistente Keime („antimicrobial resistance“/ AMR) untersuchten Wasserproben, in der Reihenfolge des Datums der Probenahme. DK = Dänemark, DE = Deutschland, PL = Polen.



Entnahme einer Wasserprobe an der dänischen Ostseeküste.



# 4 PESTIZIDE UND TIERARZNEIMITTEL IN ZUFLÜSSEN DER OSTSEE

Viele synthetische Chemikalien, die sich in der Umwelt finden, stammen aus der Landwirtschaft.<sup>94</sup> Rückstände von Pestiziden und von Arzneimitteln verbreiten sich, wenn Gülle oder Stallmist aus Massentierhaltung sowie Klärschlamm aus der Abwasserentsorgung als natürlicher Dünger verwendet werden.

Pestizide und Tierarzneimittel sind in der Regel biologisch hochaktiv<sup>95</sup> und können daher schon in sehr geringen Mengen schädlich sein. Wie genau Mikroschadstoffe auf das Ökosystem wirken, lässt sich allerdings nur schwer abschätzen, da sie häufig in komplexen Gemischen chemischer Verbindungen („Chemiecocktails“) vorliegen, über deren umweltrelevante Wirkweisen bisher wenig bekannt ist.<sup>96,97</sup> Die biologischen Auswirkungen solcher Wirkstoffgemische auf die Umwelt können aber erheblich gravierender ausfallen als die Summe der Einzeleffekte.

Die Risikobewertungen von potenziell gefährlichen, in Spuren nachgewiesenen Chemiecocktails sind derzeit Gegenstand der Forschung. Wir wissen jedoch bereits, dass die Ökosysteme vieler Flüsse in Europa und auf der ganzen Welt durch solche Mikroschadstoffe beeinträchtigt oder gefährdet sind. Der Einsatz von Tierarzneimitteln wie Antibiotika hat in den letzten Jahrzehnten dramatisch zugenommen. Obwohl es Anzeichen gibt, dass der Verkauf von Antibiotika insgesamt in vielen europäischen Ländern seinen Höhepunkt erreicht hat oder zurückgeht, ist der Verbrauch antibiotisch wirksamer Tierarzneimittel in Europa weiter viel zu hoch.<sup>98,99</sup>

## MASSIVER EINSATZ VON ANTIBIOTIKA

Arzneimittel, zu denen antimikrobielle Mittel wie Antibiotika und andere Medikamente zählen, stellen eine neu aufkommende Klasse von Schadstoffen dar, die einer zunehmenden Kontrolle durch Aufsichtsbehörden unterliegen. Mehr als 2.000 verschiedene Tierarzneimittel sind heute auf dem Markt verfügbar. Viele Antibiotika können nur schlecht von den Tieren aufgenommen werden; ein hoher Anteil dieser Medikamente – zwischen 30 und 90 Prozent – wird daher unverändert wieder ausgeschieden.<sup>100</sup>

Tierarzneimittel und für Menschen zugelassene Medikamente (Humanarzneimittel) belasten die Umwelt, wenn damit kontaminierte Gülle oder Klärschlamm auf Feldern ausgebracht werden. Auf diese Weise wird der Verbreitung von Antibiotikaresistenzen Vorschub geleistet. Die damit schwindenden Möglichkeiten, bakterielle Infektionen medizinisch wirkungsvoll zu behandeln, wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als eine der drei größten Bedrohungen für die öffentliche Gesundheit eingestuft. Unser Wissen über die Zusammenhänge zwischen Antibiotikarückständen und die Entwicklung von Resistenzen ist noch lückenhaft. Im Jahr 2016 erkannten die Vereinten Nationen (UN) an, dass der übermäßige Einsatz und der Missbrauch antimikrobieller Mittel bei Tieren und Menschen die Hauptursachen der zunehmenden Resistenzen sind.<sup>101</sup>

Im Jahr 2017 veröffentlichte die WHO neue Leitlinien zur Anwendung von humanmedizinisch wichtigen antimikrobiellen Mitteln bei Nutztieren. Diese empfehlen landwirtschaftlichen Betrieben und der Lebensmittelindustrie, den routinemäßigen Einsatz von Antibiotika als Prophylaxe bei gesunden Tieren zu beenden.<sup>102</sup> Einer neuen EU-Verordnung zur Begrenzung des Einsatzes von Antibiotika in landwirtschaftlichen Betrieben fehlt noch die Zustimmung des Rats, damit sie in Kraft treten kann.<sup>103</sup>

Die darin enthaltenen Maßnahmen sind ein wichtiger erster Schritt, um den massiven Einsatz von Antibiotika in der industriellen Tierhaltung einzuschränken. Sinnvoll ist die gesetzliche Vorgabe, dass ein Tierarzt die Tiere untersuchen muss, bevor Antibiotika präventiv an ganze Herden gegeben werden. Dennoch enthält das Gesetz einige Ausnahmen, die es den Tierhaltern bei der Fleischproduktion weiterhin erlauben, großzügig Antibiotika zu verteilen – auch präventiv an ganze Herden, mit allen damit verbundenen Risiken für die menschliche Gesundheit und die Wirksamkeit unserer Antibiotika.

Schätzungen der Europäischen Arzneimittel-Agentur (EMA) zufolge werden rund zwei Drittel aller Antibiotika Nutztieren verabreicht.<sup>104</sup> Weitere Informationen finden sich in der kürzlich von Greenpeace veröffentlichten Untersuchung zur Belastung von Oberflächengewässern: Antibiotika wurden in mehr als zwei Dritteln und Tierarzneimittel in 79 Prozent der Proben nachgewiesen.<sup>105</sup>

In Europa werden besonders viele Antibiotika in der industriellen Haltung von Schweinen und Geflügel eingesetzt. Es gibt Überschneidungen zwischen Human- und Tierarzneimitteln; gewisse Wirkstoffe sind jedoch auf die Anwendung bei Tieren oder bei Menschen beschränkt.

## PESTIZIDE BELASTEN GEWÄSSER

Derzeit dürfen in der EU 490 verschiedene Pestizide (Herbizide, Fungizide, Insektizide usw.) verwendet werden.<sup>106</sup> Pestizide sollten, wenn überhaupt, nur als letztes Mittel gegen starken Schädlingsbefall eingesetzt werden. In der Praxis werden industriell angebaute Nutzpflanzen, die für den menschlichen und tierischen Verzehr bestimmt sind, jedoch routinemäßig präventiv mit einer Vielzahl von Pestiziden behandelt. Viele dieser Chemikalien haben schädliche Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit: In der „Schwarzen Liste der Pestizide“ wurden 209 der damals 510 in der EU zugelassenen Wirkstoffe von Greenpeace als potenziell gefährlich eingestuft.<sup>107</sup> Die für diese Bewertung herangezogenen Parameter umfassten: Gefahren für die menschliche Gesundheit (z. B. akute Toxizität und krebserregende Wirkung); Umwelttoxizität (z. B. Toxizität für Vögel, Fische oder Bestäuber wie Honigbienen); Umweltauswirkungen (z. B. Bioakkumulation<sup>108</sup> und Persistenz<sup>109</sup>).

Der übermäßige Einsatz von Pestiziden in der industriellen Landwirtschaft hat die Qualität der Oberflächengewässer erheblich beeinträchtigt.<sup>110</sup> Pestizidrückstände zählen zu den größten Gefahren für europäische Gewässer, insbesondere für Bachökosysteme in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten.<sup>111, 112, 113, 114, 115, 116</sup>

In einer Untersuchung von 2018 entdeckte Greenpeace Pestizide in allen untersuchten Proben von europäischen Flüssen und Seen. Insgesamt wurden 104 verschiedene Pestizide nachgewiesen, 28 davon sind inzwischen in der EU verboten.<sup>117</sup> Die höchste nachgewiesene Anzahl von Pestiziden in einer Probe lag bei 70. In zehn Proben aus sieben Ländern wurden einzelne Pestizide in einer Höhe nachgewiesen, die über den vom deutschen Umweltbundesamt festgelegten regulatorisch akzeptablen Konzentrationen (RAK) lagen. Dies weist auf unmittelbar ökotoxikologisch bedenkliche Werte hin, die schädlich für Wasserorganismen sein können.<sup>118, 119</sup>

## UNBEKANNTE WECHSELWIRKUNGEN

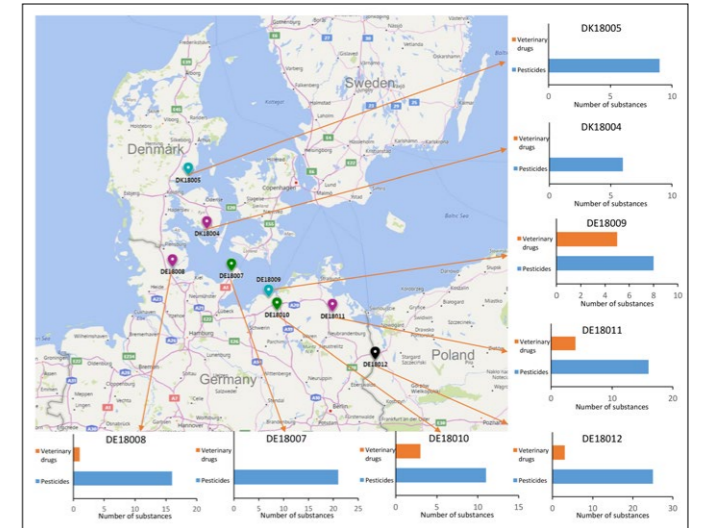
Die Untersuchung erfolgte stichprobenartig. Die Ergebnisse zeigen eine Momentaufnahme der vorhandenen Pestizide und Tierarzneimittel zum Zeitpunkt der Probenahme. Es wurden insgesamt acht Proben genommen und analysiert. Eine Probe stammt aus einem Bach auf Südfünen in Dänemark. Sieben Proben wurden aus Ostseezuflüssen in Deutschland entnommen, darunter aus der Warnow und aus der Oder.

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Proben aus den Ostseezuflüssen in Dänemark und Deutschland eine Mischung verschiedener Pestizide enthalten. Während in den Proben fast aller untersuchten deutschen Ostsee-Zuflüsse Tierarzneimittel nachgewiesen wurden, waren die Proben aus den untersuchten dänischen Zuflüssen nicht damit belastet.

Mischungen von Pestiziden, oft in Kombination mit anderen biologisch aktiven Substanzen (wie etwa Tierarzneimitteln) sind häufig in Flüssen zu finden.<sup>120, 121, 122, 123</sup> Die Wechselwirkungen zwischen Pestiziden sind bisher kaum untersucht.<sup>124</sup> In Kombination mit weiteren biologisch aktiven Substanzen, wie etwa Tierarzneimitteln oder Metallverbindungen, wird die quantitative Risikobewertung zusätzlich erschwert. In einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen wird diskutiert, dass die biologischen Wirkungen solcher Mischungen deutlich größer sind als bei Einzelverbindungen.<sup>125, 126</sup>

Die Daten belegen die Notwendigkeit einer nachhaltigeren Landwirtschaft und Tierhaltung, um der Kontamination von Oberflächengewässern mit Agrochemikalien vorzubeugen.

Die Probenahmeorte und eine Darstellung der Ergebnisse sind der Karte auf dieser Seite zu entnehmen.



Probenahmeorte und Balkendiagramme mit der Anzahl der nachgewiesenen Pestizide (blau) und der Anzahl der identifizierten Tierarzneimittel (orange). Die Skalierung der Balken in den abgebildeten Grafiken ist unterschiedlich und erlaubt daher nicht den direkten Vergleich.<sup>127</sup>

In allen acht Proben wurden Pestizide nachgewiesen. Die Anzahl der Pestizid-Wirkstoffe ist in der Tabelle auf dieser Seite angegeben. In der Kopenhagener Au auf Fehmarn wurden mit 17 unterschiedlichen Wirkstoffen die meisten Pestizide gefunden, im Mühlenfließ bei Bad Doberan war es nur ein Pestizid-Wirkstoff.

Probe code	Ort	Land	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	Anzahl nachgewiesener Pestizid-Wirkstoffe
2018_10_25_PV4 DK18004	Syltemade A/ Vester Skerninge)	DK	55.0510	10.4560	25.10.2018	3
2018_10_25_PV3 DK18005	Rarup A/As Vig	DK	55.7689	10.0096	25.10.2018	5
2018_10_25_PV2 DE18007	Kopendorfer Au/ Fehmarn	DE	54.4772	11.0332	25.10.2018	17
2018_10_25_PV1 DE18008	Füsinger Au/ Schlei/Schaalby	DE	54.5357	9.6426	25.10.2018	6
2018_11_05_PV1 DE18009	Mühlenfließ/ Bad Doberan	DE	54.1186	11.9131	05.11.2018	1
2018_11_05_PV2 DE18010	Warnow/ Schwaan)	DE	53.9389	12.1108	05.11.2018	5
2018_11_05_PV3 DE18011	Peene /Neetzow	DE	53.9155	13.4256	05.11.2018	5
2018_11_05_PV4 DE18012	Westoder/ Mescherin)	DE / PL	53.2490	14.4343	05.11.2018	17

Probenahmeorte und Anzahl der nachgewiesenen Pestizide in dänischen und deutschen Ostsee-Zuflüssen.

Die Tabelle oben zeigt die einzelnen Wirkstoffe mit den quantifizierten Konzentrationen. Insgesamt wurden 39 unterschiedliche Wirkstoffe gefunden, 55 Prozent davon Herbizide, 25 Prozent Fungizide und 20 Prozent Insektizide. Besonders häufig fanden sich die Herbizide Chlortoluron und Prosulfocarb sowie das Fungizid Fluopyram, jeweils in 88 Prozent der Proben. Die Herbizide Bentazon und Terbutryn und das Fungizid Tebuconazol waren in 75 Prozent der Proben nachweisbar.

Pestizid	Pestizidgruppe	Einsatz	Bestimmungsgrenze – LOQ (ng/L)	Konzentration mit Fehlerangabe in Nanogramm pro Liter (ng L <sup>-1</sup> )								Nachweisbarkeit (%)
				DK 18004 Sylternade A / Vester Skerninge	DK 18005 Rarup A / As Vig	DE 18007 Kopendorfer Au / Fehmarn	DE 18008 Fisinger Au / Schlei / Schaalby	DE 18009 Mühlenfließ / Bad Doberan	DE 18010 Warnow / Schwaan	DE 18011 Peene / Nettow	DE 18012 West Oder / Mescherin	
Acetamiprid	Neonicotinoid	Insecticide	5								< LOQ	13%
Azoxystrobin	Strobilurin	Fungicide	0,5			0,9 ± 0,1				< LOQ	0,8 ± 0,1	38%
Bentazone	Benzothiazinone	Herbicide	2,5	2,7 ± 0,1	2,8 ± 0,1		5,1 ± 0,3		2,6 ± 0,4	5,3 ± 0,3	11,7 ± 0,1	75%
Boscalid	Carboxamide	Fungicide	2,5	< LOQ	< LOQ	4,6 ± 0,4						38%
Carbendazim	Benzimidazole	Fungicide	0,5								3,8 ± 0,2	13%
Chloridazon	Pyridazinone	Herbicide	2,5							< LOQ	< LOQ	25%
Chlortoluron	Urea (Benzoylurea)	Herbicide	2,5		< LOQ	< LOQ	15,5 ± 0,2	< LOQ	< LOQ	< LOQ	10,8 ± 0,2	88%
Clomazone	Isoxazolidinone	Herbicide	1			6,5 ± 0,3				< LOQ	2,2 ± 0,2	38%
Clothianidin	Neonicotinoid	Insecticide	5			9,7 ± 0,7						13%
Dimethenamid	Chloroacetamide	Herbicide	1				< LOQ					13%
Dimoxystrobin	Strobilurin	Fungicide	1			3,5 ± 0,1						13%
Diuron	Urea (phenylurea)	Herbicide	2,5				< LOQ	< LOQ	< LOQ		2,9 ± 0,2	50%
Epoxiconazole	Azole (Triazole)	Fungicide	2,5		< LOQ	4,1 ± 0,2	< LOQ					38%
Fenuron	Urea	Herbicide	1						1,2 ± 0,2		4 ± 0,3	25%
Flufenacet	Oxyacetamide	Herbicide	1			2,7 ± 0,3	21,1 ± 0,8					25%
Fluopyram	Benzamide	Fungicide	1	1,4 ± 0,2	2,1 ± 0,2	26,4 ± 0,7	< LOQ	< LOQ		< LOQ	< LOQ	88%
Formetanate	Formamidine	Insecticide	2,5						18,2 ± 1,3			13%
Fuberidazole	Benzimidazole	Fungicide	1							< LOQ	1,1 ± 0	25%
Griseofulvin	Benzofuran	Fungicide, Veterinary drug	1		1,4 ± 0,2	4,8 ± 0,4		1,4 ± 0,1		5 ± 0,3	< LOQ	63%
Hexazinone	Triazinone	Herbicide	0,5	< LOQ	0,5 ± 0,1							25%
Imidacloprid	Neonicotinoid	Insecticide	2,5				< LOQ	< LOQ			11,6 ± 0,7	38%
Isoproturon	Urea	Herbicide	2,5		< LOQ	< LOQ	< LOQ					38%
MCPA	Aryloxyalkanoic acid	Herbicide	20	< LOQ		45,2 ± 5,2						25%
Metazachlor	Chloroacetamide	Herbicide	2,5			23,2 ± 0,5	< LOQ			< LOQ	6,7 ± 0,2	50%
Methabenzthiazuron	Urea	Herbicide	0,5				< LOQ					13%
Methiocarb sulfoxide	Carbamate	Insecticide	1			1,2 ± 0,3						13%
Metolachlor	Chloroacetamide	Herbicide	0,5				4,3 ± 0,1				0,5 ± 0,1	25%
Nicosulfuron	Urea (Sulfonylurea)	Herbicide	5								7,6 ± 0,3	13%
Pirimicarb	Carbamate	Insecticide	1			1,2 ± 0,2						13%
Prometryn	Triazine	Herbicide	2,5					< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	50%
Propazine	Triazine	Herbicide	1						< LOQ	1,4 ± 0	1,1 ± 0,1	38%
Propiconazole	Azole (Triazole)	Fungicide	2,5			< LOQ					2,5 ± 0,1	25%
Propyzamide	Benzamide	Herbicide	2,5			16,7 ± 0,8				< LOQ		25%
Prosulfocarb	Carbamate (Thiocarbamate)	Herbicide	0,1	21,6 ± 0,7	27,7 ± 0,6	1,9 ± 0,3	4,9 ± 0,3		2,8 ± 0,6	2,9 ± 0,6	1,9 ± 0,2	88%
Tebuconazole	Azole (Triazole)	Fungicide, Herbicide	5			57,7 ± 1,2	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	5,8 ± 0,2	75%
Terbuthylazine	Triazine	Herbicide	1				4 ± 0,2		1 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,9 ± 0,2	50%
Terbutryn	Triazine	Herbicide	2,5			< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	75%
Thiacloprid	Neonicotinoid	Insecticide	0,5			2,9 ± 0					< LOQ	25%
Thiamethoxam	Neonicotinoid	Insecticide	2,5								< LOQ	13%
Anzahl Pestizide pro Probe				6	9	21	16	8	11	16	25	
Gesamtkonzentration (ng L <sup>-1</sup> )				25,6	34,5	213,3	54,9	1,4	25,8	16,0	76,8	

Nachgewiesene Pestizide in Zuflüssen der Ostsee, Angabe der Konzentration und Standardabweichung, alle Angaben in Nanogramm pro Liter. Klassifizierung der Pestizide: H: Herbizide, F: Fungizide, I: Insektizide. Angabe der Nachweisbarkeit einzelner Pestizide in Prozent. < LOQ: die Konzentration liegt unterhalb der Bestimmungsgrenze (limit of quantification).

## ILLEGALE PESTIZIDE NACHGEWIESEN

11 der gefundenen 39 Pestizide sind nach EU-Regulation 1197/2009 (EC, 2009) für den Einsatz in der EU nicht zugelassen: Carbendazim, Dimethenamid, Fenuron, Griseofulvin, Hexazinon, Isoproturon, Methabenzthiazuron, Metolachlor, Propazin, Prometryn und Terbutryn. Es ist also nicht auszuschließen, dass der Nachweis dieser Pestizide in Zuflüssen der Ostsee auf eine illegale Anwendung dieser Chemikalien zurückzuführen ist.

Einige der gefundenen Substanzen können als Beiprodukte von anderen Stoffen auftreten. So ist zum Beispiel Carbendazim ein Metabolit von Benomyl. Auch die Anwendung von Benomyl ist in der EU nicht erlaubt. Andere Stoffe wie etwa Griseofulvin können natürlichen Ursprungs sein.

Bezogen auf die Konzentration in Nanogramm pro Liter (ng/l) waren 66 Prozent der nachgewiesenen Substanzen Herbizide, 25 Prozent Fungizide und 25 Prozent Insektizide. Das Pestizid mit der höchsten Konzentration ist das Fungizid Tebuconazol: 57,7 Nanogramm pro Liter fanden sich in einer Probe aus der Kopendorfer Au auf Fehmarn (DE18007/ 2018\_10\_25\_PV2), gefolgt von dem Herbizid MCPA, gemessen mit 45,2 Nanogramm pro Liter in derselben Probe sowie Prosulfocarb mit 27,6 Nanogramm pro Liter in der Probe aus Rarup/As Vig in Dänemark (DK18005/ 2018\_10\_25\_PV3).

Die Tabelle auf Seite 50 zeigt, dass alle analysierten Proben eine Mischung aus verschiedenen Pestizid-Wirkstoffen enthalten. Die Anzahl der nachgewiesenen Substanzen reicht von sechs Wirkstoffen aus der in Sylternade in Dänemark entnommenen Probe (DK 18004/2018\_10\_25\_PV4) bis zu 25 in der Probe aus der Oder bei Mescherin (DE 18012/2018\_11\_05\_PV4).

Die Konzentration variiert von Probe zu Probe und liegt zwischen 1,4 Nanogramm pro Liter in der Probe aus dem Mühlenfließ bei Bad Doberan (DE18009/2018\_11\_05\_PV1) bis zu 213,3 Nanogramm pro Liter in der Probe aus der Kopendorfer Au auf Fehmarn (DE18007/ 2018\_10\_25\_PV2).

## ARZNEIMITTEL FÜR TIERE

Parallel zur Untersuchung von Pestiziden analysierte das Greenpeace-Labor die Wasserproben auf Tierarzneimittel. Die Ergebnisse sind in der Tabelle auf Seite 52 oben aufgeführt.

Insgesamt wurden sechs verschiedene Wirkstoffe identifiziert, vier davon waren Antibiotika, zwei sind Entzündungshemmer (NSAID, englisch für: non-steroidal anti-inflammatory drugs, nichtsteroidale Antirheumatika und Antiphlogistika).

Drei der gefundenen Antibiotika gehören zur Gruppe der Sulfonamide. Das vierte nachgewiesene Antibiotikum ist Clarithromycin, ein Macrolid. Die beiden NSAIDs sind Diclofenac und Ketoprofen. Diclofenac wurde am häufigsten nachgewiesen, es ist in 63 Prozent der Proben vorhanden, gefolgt von Sulfamethoxazol und Sulfapyridin, die beide in der Hälfte der Proben gefunden wurden. Alle sechs nachgewiesenen Substanzen werden auch als Pharmazeutika in der Humanmedizin eingesetzt.

Die Probe aus dem Mühlenfließ, einem kleinen Ostseezufluss bei Bad Doberan, enthält fünf verschiedene Tierarzneimittel, drei davon sind Antibiotika. In der Probe aus der Peene bei Neetzow waren es vier verschiedene Tierarzneimittel, drei davon Antibiotika. In den Proben aus der Warnow bei Schwaan und aus der Westoder bei Mescherin fanden sich jeweils drei Tierarzneimittel, zwei davon Antibiotika.

In der Probe aus Dänemark wurden keine Tierarzneimittel nachgewiesen.

Der Vergleich mit der Untersuchung von Pestiziden zeigt, dass in der Kopendorfer Au die Probe mit der höchsten Konzentration an Pestiziden entnommen wurde (2018\_10\_25\_PV2 DE18007), in dieser aber keine Tierarzneimittel gefunden wurden. Hingegen weist die Probe aus dem Mühlenfließ bei Bad Doberan (DE18009/2018\_11\_05\_PV1) mit fünf biologisch wirksamen Substanzen die höchste Anzahl gemessener Tierarzneimittel auf, enthält aber die geringste Konzentration an Pestiziden mit 1,4 Nanogramm pro Liter, verteilt auf acht Wirkstoffe. Zwischen diesen beiden Extremen liegt die Probe aus der Westoder bei Mescherin (2018\_11\_05\_PV4 DE18012), in der 25 Pestizide in einer Gesamtkonzentration von 76,8 Nanogramm pro Liter gefunden wurden. In dieser Probe waren vier Tierarzneimittel nachweisbar.

Probe code	Ort	Land	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Total Nr.	Clarithromycin	Diclofenac	Ketoprofen	Sulfadiazine	Sulfamethoxazol	Sulfapyridine
2018_10_25_PV4 DK18004	Syltemade A/ Vester Skerninge	DK	55.0510	10.4560	0						
2018_10_25_PV3 DK18005	Rarup A/As Vig	DK	55.7689	10.0096	0						
2018_10_25_PV2 DE18007	Kopendorfer Au/Fehmarn	DE	54.4772	11.0332	0						
2018_10_25_PV1 DE18008	Füsinger Au/Schlei/ Schaalby	DE	54.5357	9.6426	1		nachgewiesen				
2018_11_05_PV1 DE18009	Mühlenfließ/Bad Doberan	DE	54.1186	11.9131	5	nachgewiesen	nachgewiesen	nachgewiesen		nachgewiesen	nachgewiesen
2018_11_05_PV2 DE18010	Warnow/Schwaan	DE	53.9389	12.1108	3		nachgewiesen			nachgewiesen	nachgewiesen
2018_11_05_PV3 DE18011	Peene/Neetzow	DE	53.9155	13.4256	4		nachgewiesen		nachgewiesen	nachgewiesen	nachgewiesen
2018_11_05_PV4 DE18012	Westoder/Mescherin	DE/ PL	53.2490	14.4343	3		nachgewiesen			nachgewiesen	nachgewiesen

Nachgewiesene Tierarzneimittel in dänischen und deutschen Zuflüssen der Ostsee. Die Untersuchung erfolgte qualitativ.

### METALLE UND METALLOIDE

Die gemessenen Konzentrationen aus in der Landwirtschaft verwendeten Metallverbindungen ähneln den bereits 2018 veröffentlichten Ergebnissen der Greenpeace-Untersuchung in europäischen Fließgewässern.

Metall	DK 18004 Syltemade A / Vester Skerninge	DK 18005 Rarup A / As Vig	DE 18007 Kopendorfer Au / Fehmarn	DE 18008 Füsinger Au / Schlei / Schaalby	DE 18009 Mühlenfließ / Bad Doberan	DE 18010 Warnow / Schwaan	DE 18011 Peene / Netzow	DE 18012 Westoder / Mescherin
Aluminium	11	9	2	3	2	1	2	2
Antimon	< 0.02	0,09	0,06	0,03	< 0.02	< 0.02	0,05	0,11
Arsen	1,20	0,80	1,46	0,79	0,70	0,84	0,90	1,16
Barium	91,4	184	52,1	65,1	63,5	61,4	55,7	67,6
Cadmium	0,01	0,03	< 0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,06
Chrom	0,09	0,05	0,04	0,07	0,05	< 0,02	0,03	0,11
Kobalt	0,10	0,57	0,13	0,12	0,18	0,07	0,23	0,19
Kupfer	0,8	0,7	0,3	0,9	0,5	0,3	0,7	1,5
Eisen	93	182	24	95	102	29	55	33
Blei	0,26	0,12	0,12	0,17	0,18	0,08	0,17	0,21
Mangan	47,4	667	2,70	4,80	169	7,36	62,7	58,4
Quecksilber	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Molybdäm	0,90	1,36	0,39	0,67	0,90	0,77	1,07	1,61
Nickel	0,45	1,53	0,71	0,67	0,65	0,25	0,54	1,58
Strontium	457	1600	874	398	505	606	588	665
Thallium	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06
Uran	0,87	1,00	1,90	0,73	1,04	0,81	1,09	0,65
Vanadium	0,32	0,20	1,08	0,46	0,20	0,20	0,30	0,34
Zink	1,1	2,3	0,3	2,2	3,0	0,7	1,4	1,7

Nachgewiesene Metallverbindungen in dänischen und deutschen Zuflüssen der Ostsee. Die Proben wurden gefiltert. Die Konzentrationen sind in µg/l angegeben.

Metall	Median Proben	Konzentrationsbereich	Median Flüsse in der EU <sup>a</sup>	Konzentrationsbereich für Flüsse in der EU <sup>a</sup>	EU EQS – EU-Umweltqualitätsziel für Oberflächengewässer	
					Jahres-Mittelwert <sup>b</sup>	Maximal zulässige Konzentration <sup>b</sup>
Aluminium	2,00	1-11	17,7	0,7-3370		
Antimon	0,04	< 0,02-0,11	0,07	0,005-2,91		
Arsen	0,87	0,07-1,46	0,63	< 0,001-27,3		
Barium	64,3	52,1-184	24,9	0,2-436		
Cadmium	0,02	< 0,01-0,06	0,01	< 0,0002-1,25	< =0,08	< =0,45
Chrom	0,05	0,03-0,11	0,38	< 0,01-43,0		
Kobalt	0,15	0,07-0,57	0,16	0,01-15,7		
Kupfer	0,7	0,3-1,5	0,88	0,08-14,6		
Eisen	74	24-183	67	< 1-4820		
Blei	0,17	0,08-0,26	0,092	< 0,005-10,6	7,2	nicht anwendbar
Mangan	53,0	2,7-667	15,9	< 0,1-3010		
Quecksilber	< 0,05	< 0,05-0,06	–	–	0,05	0,07
Molybdäm	0,90	0,39-1,61	0,22	0,005-16,0		
Nickel	0,66	0,25-1,58	1,91	0,03-24,6	20	nicht anwendbar
Strontium	597	398-1600	109	1,00-13600		
Thallium	< 0,05	< 0,05-0,06	0,005	< 0,002-0,22		
Uran	0,93	0,65-1,9	0,32	< 0,002-21,4		
Vanadium	0,31	0,20-1,08	0,46	< 0,05-19,5		
Zink	1,6	0,3-3,0	2,65	0,09-310		

Konzentrationsbereiche und Mediane (in µg/l) von Metallen und Metallverbindungen mit Vergleichswerten: (a) Mediane und Konzentrationsbereiche in europäischen Flüssen, (b) EU Umweltqualitätsziel (EQS für Oberflächengewässer (EU 2008)). Die Vergleichswerte stammen aus der Analyse von mehr als 800 filtrierten Wasserproben aus Gewässern in Europa.<sup>128</sup> Daneben sind die EU-Umweltqualitätsstandards (EU environmental quality standards EQS) für Fließgewässer (EU 2008) angegeben.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in etwa der Hälfte der untersuchten Proben Metalle und Metalloide in Konzentrationen unterhalb der zum Vergleich herangezogenen Mittelwerte aus umfangreichen Untersuchungen in europäischen Fließgewässern liegen.

Die Konzentration von Strontium ist in allen Proben höher als die Vergleichswerte aus europäischen Fließgewässern. Dies gilt für Mangan und Molybdän in der Hälfte der Proben, für Barium, Cadmium, Kobalt und Uran in jeweils einer oder zwei der Proben. Alle Konzentrationen liegen im Bereich der für europäische Fließgewässer angegebenen Vergleichswerte, in der Regel deutlich unterhalb des oberen Endes dieser Bereiche.

Für vier der Metalle (Cadmium, Blei, Quecksilber und Nickel) existieren Umweltqualitätsnormen (EQS) für Binnengewässer in der EU (EU 2008). Um die Messergebnisse zu bewerten, sind die jährlichen durchschnittlichen EQS und die maximal zulässigen EQS für diese Metalle in der Tabelle rechts unten auf Seite 52 angegeben. Die Analysenergebnisse stellen eine Momentaufnahme der Konzentrationen für die verschiedenen Oberflächengewässer zum Zeitpunkt der Probenahme dar und sind daher nicht direkt mit den jährlichen Durchschnittsgrenzwerten vergleichbar. Keine der untersuchten Proben enthielt Konzentrationen dieser vier Metalle, die über den EU-Jahresdurchschnitts-EQS lagen.



Die CTD-Sonde wird ins Wasser gelassen.

## METHODIK



Die Temperatur in einer Wasserprobe wird bestimmt.

### SAUERSTOFFMESSUNGEN / TAUCHEN

Von September bis November 2018 wurden entlang der Ostseeküste von Dänemark bis Polen Sauerstoffmessungen mit einer CTD-Sonde<sup>129</sup> (CTD 90M, Sea&Sun Trappenkamp) durchgeführt. CTD steht für Leitfähigkeit, Temperatur und Tiefe. Das Gerät enthält einen optischen Sauerstoffsensoren (Ansprechzeit 2 sec) und misst über die gesamte Tiefe der Wassersäule den Sauerstoffgehalt, genauer gesagt den gelösten Sauerstoff DO (Dissolved oxygen). Daneben werden weitere Parameter wie die Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert (AMT) und Druck (Wassertiefe, Keller 50 bar, 5 MPa) kontinuierlich in Echtzeit (1 Hz) aufgezeichnet. Die Sonde erlaubt die Messung von Salzgehalts- und Temperaturprofilen im Meer. Die Sonden werden ergänzt durch einen Chlorophyll-Sensor (Turner Cyclops7).

### KRITERIEN ZUR DURCHFÜHRUNG DER TAUCHEINSÄTZE

Die Taucheinsätze in Küstennähe zwischen Herbst 2018 und Frühjahr 2019 zur Probenahme und Dokumentation des Zustands am Boden der Ostsee sowie zur Probenahme für Nitrat-/Phosphatuntersuchungen wurden nach folgendem Verfahren durchgeführt: Die Anfahrt zu den festgelegten Lokalitäten erfolgte per Schlauchboot. Die Arbeiten unter Wasser wurden durch ein insgesamt aus sechs Personen zusammengesetztes

Tauchteam durchgeführt. Jeder Taucheinsatz zur Probenahme und Foto-/ Video-Dokumentation wurde entweder durch ein Team von jeweils zwei Tauchern für die Probenahme sowie einem weiteren Taucher zur Dokumentation umgesetzt. Bei Taucheinsätzen zur Dokumentation des ökologischen Zustands ohne Beprobung kamen aus Sicherheitsgründen zwei Taucher zum Einsatz. Jeder Taucher war zur Sicherheit mit einer Signalboje ausgerüstet. Die Überwachung jedes Tauchgangs erfolgte von Bord des Einsatzbootes durch den Einsatzleiter und einen einsatzbereiten Sicherheitstaucher. Die Dokumentation und Protokollierung erfolgt an Bord durch Beschriftung mit Datum und Aufnahme der Positionskordinaten.

### METHODE NÄHRSTOFFMESSUNGEN

Während der Beluga-Tour wurde zwischen September und November 2018 eine Vielzahl von Wasserproben aus Ostseezuflüssen entnommen. Größere Zuflüsse wurden in der Regel vom Schlauchboot aus beprobt. Die Probenahme aus kleineren Bächen erfolgte vom Ufer aus, gegebenenfalls mithilfe einer Teleskopstange mit Edelstahlbecher oder Polyethylenflasche. Pro Probe wurden ca. 100 Milliliter Oberflächenwasser in sterile Polypropylen-Probenbehälter gefüllt.



Greenpeace-Experten bereiten die Bestimmung des gelösten Sauerstoffs und anderer Parameter im Ostseewasser vor.

Alle Proben wurden an Bord der Beluga II bei 5 bis 8 °C gekühlt, bis sie entweder direkt an Bord photometrisch untersucht oder in Kühlboxen zum Labor transportiert wurden.

Das mobile Labor von Greenpeace an Bord der Beluga II ist ausgerüstet, um Wasserproben unmittelbar nach der Probenahme auf Nitrat- und Nitritstickstoff sowie Gesamtstickstoff zu untersuchen. Zu diesem Zweck werden zwei portable Spektral-Photometer (Hach DR1900) mit den entsprechenden Test-Kits (Hach LCK339 und LCK340 für Nitrat, LCK341 und LCK342 für Nitrit, LCK238 und LSC338 für Gesamtstickstoff, LCK349 und LCK350 für Phosphat) eingesetzt.

An nahezu allen Probenahmestellen wurden Parallelproben entnommen, die in einem akkreditierten und zertifizierten Labor auf Gesamtstickstoff, Ammoniumstickstoff, Nitratstickstoff, Nitritstickstoff und Gesamtphosphor untersucht wurden. Gesamtstickstoff wurde nach EN 12260:2003 bestimmt: Im Labor werden dabei Stickstoffverbindungen nach Reaktion durch katalytische Verbrennung in einer Sauerstoffatmosphäre bei mehr als 700 °C zu Stickstoffoxiden mit Chemilumineszenzdetektion quantifiziert.

### NACHWEIS MULTIRESILENTE KEIME

**ESBL (Extended-Spectrum-Beta-Laktamase):** Etwa jede 15. Person in Deutschland trägt ESBL-bildende Keime in sich, Tendenz steigend.<sup>130</sup> ESBL-bildende Bakterien können Enzyme hervorbringen, die die Wirksamkeit von Penicillinen herabsetzen oder gar ausschalten. Die Bakterien sind dann resistent gegenüber diesen Antibiotika. Es handelt sich bei ESBL also nicht um einen bestimmten Keim, sondern um deren Eigenschaft, Antibiotika unwirksam zu machen.

Diese Eigenschaften können von Keim zu Keim weitergegeben werden. Die Übertragungen verlaufen auch artübergreifend – etwa von Darmkeimen zu anderen Keimen, die Lungenentzündung auslösen können, sowie von Tieren zu Menschen und umgekehrt. Wer ESBL-bildende Bakterien aufnimmt, merkt meist zunächst nichts. Erst wenn besiedelte Menschen Durchfall oder eine Lungenentzündung bekommen oder im Krankenhaus operiert werden, kann sich plötzlich herausstellen, dass bestimmte Antibiotika bei diesen Patienten nicht mehr wirken.

ESBL-Keime wurden über ein Screening-Verfahren nachgewiesen. 25 ml Probe wurden in 225 ml LB-Bouillon (1:10) mit 1 mg/l Cefotaxim oder Cefpodoxim oder Ceftazidim oder ohne

Zusatz von Antibiotikum 16 bis 20 Stunden bei 36 °C inkubiert, anschließend auf MacConkey-Agarplatten mit denselben Antibiotika in der gleichen Konzentration ausgestrichen. Nach wiederum 16 bis 20 Stunden Inkubation bei 36 °C wurde von jedem Kolonietyp pro Platte einer gepickt und subkultiviert. Zur Bestätigung der ESBL-Produktion wurden die resistenten Isolate auf einer Mueller-Hinton-Agarplatte ausgestrichen. Auf diese Platten werden Cephalosporin-Blättchen (Cefotaxim, Cefpodoxim, Ceftazidim) jeweils mit und ohne Clavulansäure aufgebracht. Nach einer Inkubation von 18 bis 24 Stunden bei 35 bis 37 °C werden die Durchmesser aller Hemmhöfe gemessen. Nimmt der Hemmhofdurchmesser in Anwesenheit von Clavulansäure zu, ist dies ein Zeichen für die ESBL-Produktion des Testorganismus. Die sich anschließende Identifizierung erfolgt biochemisch, mittels API 20E der Firma Biomerieux.

**MRSA (Methicillin-resistente Staphylococcus aureus)** sind resistente Keime (Staphylokokken), die gegen Antibiotika wie Penicilline und Cephalosporine unempfindlich sind, oft auch gegen weitere Klassen von Antibiotika. MRSA kommen auch in der Lebensmittelkette vor. Ein bis zwei Prozent der Menschen in Deutschland sind Träger von MRSA, deutlich höhere Besiedlungsraten finden sich bei Menschen, die etwa als Landwirte oder Tierärzte beruflichem Kontakt zu landwirtschaftlichen Nutztieren haben, insbesondere zu Schweinen. In einer Studie in Niedersachsen waren rund 25 Prozent der Personen, die Nutztierkontakt hatten, mit MRSA besiedelt. In viehdichten Regionen in Deutschland erweisen sich beim Aufnahme-Screening in Krankenhäusern außerdem etwa 20 bis 30 Prozent der Patienten als MRSA-positiv.<sup>131</sup>

**MRSA** wurden über ein Screening-Verfahren nachgewiesen. 25 ml Probe wurden in 225 ml Mueller-Hinton-Bouillon (1:10), supplementiert mit 6,5 % NaCl (selektives Agens), für 18 bis 24 Stunden bei 37 °C inkubiert. 1 ml der Erstanreicherung wurde anschließend in 9 ml TSB Bouillon, supplementiert mit 75 mg/l Aztreonam (hemmt die Vermehrung der gramnegativen, aeroben Begleitflora) und 4 mg/l Cefoxitin (Resistenznachweis des gesuchten Keims), überführt und für 18 bis 24 Stunden bei 37 °C inkubiert. Nach Ausstrich auf einen chromogenen Nährboden (chromID MRSA-Platten, mit Antibiotikamischung, u. a. Cefoxitin) und weiteren 18 bis 24 Stunden Inkubation bei 37 °C wurden auffällige Kolonien auf Blutagarplatten überführt und per Koagulase-Test und anschließend (bei positivem Test) biochemisch mittels API-Test (API ID 32 STAPH/ Biomerieux) bestätigt.

## MATERIAL UND METHODEN: NACHWEIS PESTIZIDE, TIERARZNEIMITTEL UND METALLOIDE

Die Untersuchungen erfolgten in den Greenpeace Research Laboratories an der Universität Exeter in England.

### PESTIZIDE UND TIERARZNEIMITTEL

Pestizide und Tierarzneimittel wurden mit Hochleistungsflüssigchromatografie mit hochauflösender Massenspektrometrie nach Festphasenextraktion (SPE AutoTrace system, Thermo Fisher Scientific) untersucht.<sup>132</sup> Die Konzentrationen von Metallen und Metalloiden wurden für alle Proben mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach der Versauerung bestimmt. Hohe Reinheitsstandards für die in den Tabellen ab Seite 60 aufgeführten 275 Pestizide und 101 Tierarzneimittel wurden von Lab Instruments (Castellana Grotte, Italien) bezogen. Mischungen von Standards, Verdünnungen und Kalibrierlösungen wurden bei den Pestiziden in Methanol und bei den Tierarzneimitteln in Acetonitril/Wasser (1:1) hergestellt. Methanol (Optima), Acetonitril (Optima), Ameisensäure (Optima) und Ammoniumhydroxid 28–30-prozentige Lösung in Wasser wurden von Thermo Fisher Scientific (Waltham, MA, USA) bezogen. Reinstwasser wurde mit einem PureLab Elga-Veolia-System (Paris, Frankreich) hergestellt und die SPE-Patronen Oasis HLB 200 mg wurden von Waters (Milford, MA, USA) bezogen.

### ANALYSE VON PESTIZIDEN UND TIERARZNEIMITTELN

#### PROBENVORBEREITUNG

Die Proben wurden von SPE mit einem automatischen AutoTrace-System (Thermo Fisher Scientific) entnommen. Oasis HLB-Kartuschen wurden zunächst mit 10 ml Methanol konditioniert, gefolgt von 10 ml Reinstwasser, mit Ameisensäure eingestellt auf pH 3. Anschließend wurden 200 ml jeder zuvor gefilterten und auf pH 3 angesäuerten Wasserprobe mit einer Durchflussrate von 5 ml min<sup>-1</sup> auf die Kartusche geladen. Nachdem die gesamte Probe das Extraktionsmaterial durchlaufen hatte, wurde die Kartusche mit schwachem Stickstoffstrom getrocknet. Pestizide und Tierarzneimittel wurden mit 10 ml Methanol eluiert. Der 10-ml-Methanolextrakt wurde in einen TurboVap-Behälter überführt und unter Stickstoffstrom auf ein Endvolumen von 1 ml im gleichen Lösungsmittel eingeengt, die Verdampfung zur Trockenheit wurde vermieden. Jede einzelne Probe wurde in dreifacher Ausführung vorbereitet und analysiert (d. h. drei separate Aliquoten aus jeder Probe extrahiert), um die analytische Qualität der Messung der verschiedenen Parameter zu gewährleisten.

#### BESTIMMUNGSBEDINGUNGEN

Die Bestimmung der Pestizide und der Tierarzneimittel erfolgte mit zwei unabhängigen Methoden der Flüssigkeitschromatografie – Elektrospray-Ionisation – Quadrupol-Orbitrap-Tandem-Massenspektrometrie (LC-ESI-Q-Orbitrap-MS) System (Thermo Fisher Scientific). In beiden Fällen wurden die Analyten mit einer Accucore aQ C18-Säule (100 x 2,1 mm, 2,6 µm) LC-Säule (Thermo Fisher Scientific) bei 25 °C mit den gleichen mobilen Phasenbestandteilen getrennt: Wasser mit 2 % Methanol, 0,1 % Ameisensäure und 5 mM Ammoniumformiat (Phase A) und Methanol mit 2 % Wasser, 0,1% Ameisensäure und 5 mM Ammoniumformiat (Phase B). Zur Trennung von Pestiziden und Tierarzneimitteln wurden zwei verschiedene Gradienten angewendet: 0–0,5 min 2 % B, 7 min 70 % B, 9–12 min 100 % B für die Pestizide und 0–0,5 min 2 % B, 3 min 50 % B, 6–10,5 min 100 % B für die Tierarzneimittel. Bei beiden Methoden wurde die Säule zwischen den Injektionen für 5 Minuten auf Ausgangsbedingungen konditioniert. Der mobile Phasenfluss betrug 300 µL min<sup>-1</sup> und das Injektionsvolumen des Extrakts 1 µL für die Pestizide und 2 µL für die Tierarzneimittel.

Das Orbitrap-Massenspektrometer war ein Q Exactive Focus, ausgestattet mit einer HESI-II-Elektrospray-Ionisationsquelle, einem Quadrupol-Massenfilter, einer HCD-Kollisionszelle, einem C-Trap und dem hochauflösenden Orbitrap-Massenanalysator. Die Quelleneinstellungen für die Pestizide waren: Hüllgasstrom 40 a.u., Hilfsgasstrom 10 a.u. bei 350 °C, Spritzspannung 3,3 V und Kapillartemperatur 325 °C. Die Ionisationsbedingungen für die Tierarzneimittel waren: Hüllgasfluss 30 a.u., Hilfsgasfluss 5 a.u. bei 450 °C, Spritzspannung 3,5 V und Kapillartemperatur 350 °C. Die MS-Akquisitionsmethoden für Pestizide und Tierarzneimittel waren analog. In beiden Fällen wurden Vollbilddaten mit einer Auflösung von 70.000 (FWHM bei 200 Da) im Scanbereich von 80–1000 Da erfasst. Gleichzeitig erwarb das System datenabhängige Tandem-Massenspektren (dd-MS2) für jedes Vorläuferion zu den verschiedenen Elutionszeiten mit einer Auflösung von 17.500 (FWHM bei 200 Da). Die Full-Scan-Daten wurden für die Quantifizierung von 252 der 275 nachweisbaren Pestizide verwendet, während die dd-MS2-Spektren die Bestätigung ihrer Identität ermöglichten. Im Falle der Tierarzneimittel wurde für alle 101 Substanzen nur der Nachweis und die Identifizierung unter Verwendung der Full-Scan- und dd-MS2-Daten durchgeführt. Die Quantifizierung der Pestizide wurde mit externen Kalibrierkurven durchgeführt, die von den LOQs bis zu 2 µg L<sup>-1</sup> reichen.

### METALLE UND METALLOIDE

Die Konzentrationen von Metallen und Metalloiden wurden für alle Proben mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach Filtration und Versauerung bestimmt. Ein Teil jeder Probe wurde durch einen 0,45-Mikron-Filter gefiltert

und dann durch Zugabe von konzentrierter Salpetersäure angesäuert, um eine Endkonzentration von 5 % v/v zu erhalten.

Die gesäuerten Proben wurden mit einem Agilent 7900 ICP-MS analysiert, das eine Kollisionszelle mit Helium als Kollisionsgas verwendet, um polyatomare Störungen zu minimieren. Für die Kalibrierung der Instrumente wurden Multielement-Normale, Matrix abgestimmt auf die Proben, in Konzentrationen von 1, 10, 100 bzw. 1000 µg/l, mit Ausnahme von Quecksilber (1, 2, 5, 20 µg/l) verwendet. Die Analyse erfolgte inline durch Zugabe eines internen Standardmixes bei 100 µg/l (Scandium, Germanium, Yttrium, Indium und Terbium). Jede Probe, die den Kalibrierbereich überschritt, wurde entsprechend verdünnt, dupliziert und erneut analysiert.

Jede Probe wurde für die ICP-Analyse in zweifacher Ausfertigung vorbereitet und analysiert, um die Reproduzierbarkeit der Methode zu überprüfen. Mit der Probencharge wurden eine Blindprobe (angesäuertes deionisiertes Wasser) und zwei gemischte Metallqualitätskontrolllösungen von 80 und 800 µg/l für jedes Metall, mit Ausnahme von Quecksilber bei 4 und 16 µg/l, auf die gleiche Weise wie die Proben vorbereitet und analysiert.

Die Kalibrierung des ICP-MS wurde durch Verwendung von Qualitätskontrollstandards von 80 µg/l und 800 µg/l (4 µg/l und 16 µg/l für Quecksilber) validiert, die auf identische Weise, aber aus unterschiedlichen Reagenzienbeständen hergestellt wurden.



Messkopf der CTD-Sonde mit den Sensoren für Druck (Tiefe), Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Trübung.







Probe code	Gewässer-probe	Land	Ort	Breitengrad dezimal	Längengrad dezimal	Datum	eigene Messungen Nährstoffe (mg/l)		Laborwerte Nährstoffe (mg/l)					
							NO <sub>3</sub> -N (mg/l) Field	NO <sub>3</sub> (mg/l) (berechnet)	Total N (mg/l) Lab	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) Lab	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l) Lab	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l) Lab	Total P (mg/l) Lab	
GP_2001_28	Kanal	DE	Nord-Ostsee-Kanal, Kiel	54,3688	10,1339	25.01.19	0,33	1,46						
GP_2001_30	Fluss	DE	Mühlenau, Malmsteg	54,3649	10,5092	25.01.19	0,45	1,98						
GP_2001_31	Fluss	DE	Hohwacht, Nessendorfer Mühlenau	54,3112	10,6844	25.01.19	0,48	2,10						
GP_2001_32	Fluss	DE	Hohwacht/Oldenburger Graben	54,3076	10,7848	25.01.19	6,24	27,6	4,00	0,74	2,90	0,07	0,09	
GP_2001_33	Kanal	DE	Kanal Kopenhöfer Au, Schöpfwerk, Wallnau, Fehmarn	54,4819	11,0112	02.02.19	0,88	3,90						
GP_2001_34	Fluss	DE	Kanal Kopenhöfer Au, Zufluss, Wallnau, Fehmarn	54,4810	11,0220	02.02.19	1,21	5,36						
GP_2001_35	Fluss	DE	Trave, Pötenitzer Wiek, Dummsdorf, Lübeck	53,9207	10,8651	02.02.19	0,47	2,08						
GP_2001_36	Fluss	DE	Trave, Zufluss, Bad Schwartau	53,9075	10,7186	03.02.19	2,89	12,8						
GP_2001_37	Fluss	DE	Trave, Lübeck, Moisling	53,8474	10,6430	03.02.19	3,83	17,0						
GP_2001_38	Fluss	DE	Trave, Wehrkanal, Büssau	53,8166	10,6229	03.02.19	4,46	19,7						
2019_02_26_N1	Kanal	DE	Wallnau, Fehmarn, Kopenhöfer Au (Schöpfwerk)	54,4818	11,0111	25.02.19	4,63	20,5						
2019_02_26_N2	Kanal	DE	Wallnau, Fehmarn, Kopenhöfer Au	54,4773	11,0325	25.02.19	36,3	161						
2019_02_26_N3	Fluss	DE	Füsing, Füsinger Au (Schlei)	54,5354	9,6365	25.02.19	1,48	6,55						
2019_02_26_N4	Fluss	DE	Füsing, Füsinger Au (Schlei)	54,5354	9,6430	25.02.19	5,78	25,6						
Gp_0703_1	Fluss	DE	Westoder, Mescherin	53,2496	14,4348	07.03.19	3,68	16,3						

Messergebnis für Gesamt-Stickstoff (Total-N) oder Nitrat-Stickstoff (NO<sub>3</sub>-N) größer oder gleich 2,6 mg/l

Messergebnis für Gesamt-Stickstoff (Total-N) oder Nitrat-Stickstoff (NO<sub>3</sub>-N) größer oder gleich 10 mg/l

## QUELLEN

- Steffen W., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 348: 1259855
- HELCOM Ministerial Meeting (2007). Baltic Sea Action Plan. Available from: [http://www.helcom.fi/Documents/Baltic%20sea%20action%20plan/BSAP\\_Final.pdf](http://www.helcom.fi/Documents/Baltic%20sea%20action%20plan/BSAP_Final.pdf)
- IOW-Presseerklärung (2019). Available from: [https://www.iow-warnemuende.de/message/items/model-results-baltic-sea-could-return-to-a-good-environmental-status.html?file=tl\\_files/news/presse/2019/20190114\\_presse\\_Modelling\\_Baltic\\_Sea\\_Action\\_Plan\\_climate\\_change\\_Meier\\_en.pdf](https://www.iow-warnemuende.de/message/items/model-results-baltic-sea-could-return-to-a-good-environmental-status.html?file=tl_files/news/presse/2019/20190114_presse_Modelling_Baltic_Sea_Action_Plan_climate_change_Meier_en.pdf)
- Conley, D. J., Carstensen J., Aigars J., Axe P. (2011). Hypoxia is increasing in the Coastal Zone of the Baltic Sea. *Environmental Science and Technology Journal* 45(16): 6777–6783
- Greenpeace e.V. (2018). Keime außer Kontrolle. Nährstoffe und antibiotikaresistente Bakterien in Gewässern in Deutschland. Available from: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20181121-report-keime-naehrstoffe-in-gewaessern.pdf>
- Greenpeace e.V. (2018). Dirty Waters. Wie Massentierhaltung Flüsse in Europa verschmutzt. Available from: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/181129-greenpeace-report-dirty-waters-deutsch.pdf>
- Carstensen D., Andersen J.H., Gustafsson, B. G., Conley, D. (2014). Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century, Department of Bioscience, Aarhus University, Department of Geology, Lund University
- Conley D., Björck S., Bonsdorff E., Carstensen J. (2008). Hypoxia-related Processes in the Baltic Sea, GeoSphere Science Center, Lund University
- DMKN Deutsches Maritimes Kompetenz Netz (2018). Zustand der deutschen Ostseegewässer (Draft). Available from: [https://dmkn.de/wp-content/uploads/2018/03/2018\\_Zustand\\_Ostsee\\_Entwurf.pdf](https://dmkn.de/wp-content/uploads/2018/03/2018_Zustand_Ostsee_Entwurf.pdf)
- Neumann T., Eilola, K., Gustafsson, B., Müller-Karulis, B., Kuznetsov, I., Meier, H. E. M., et al. (2012). Extremes of temperature, oxygen and blooms in the Baltic Sea in a changing climate. *Ambio* 41: 574–585
- Carstensen D., Andersen J.H., Gustafsson B. G., Conley D. (2014). op. cit.
- DMKN Deutsches Maritimes Kompetenz Netz (2018). op. cit.
- Naumann M., Nausch G. (2018). Den Zustand der Ostsee „überwachen“, Rostock (Vortrag gehalten auf der Greenpeace-Veranstaltung „Gülle ist Gift für die Ostsee“ am 4.11.2018)
- Conley D., Björck S., Bonsdorff E., Carstensen J. (2008). op. cit.
- ibid.
- Naumann M., Nausch G. (2018). cit.op.
- Neumann, T. (2010). Climate-change effects on the Baltic Sea ecosystem: A model study. *Journal of Marine Systems*, 81(3): 213–224
- Meier M., Edman M. K., Eilola K. J., Placke M., Neumann T. (2018). Assessment of Eutrophication Abatement Scenarios for the Baltic Sea by Multi-Model Ensemble Simulations, Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde, Rostock, Germany
- Larsson M., Granstedt A., (2010). Sustainable governance of the agriculture and the Baltic Sea - Agricultural reforms, food production and curbed eutrophication, Stockholm University Sweden, Mälardalen University Sweden.
- German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2018). Eutrophierung der Ostsee. Available from: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/ostsee/eutrophierung-der-ostsee>
- German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2017). Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. Dessau-Roßlau, p. 103
- DMKN Deutsches Maritimes Kompetenz Netz (2018). op. cit.
- ibid.
- German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2018). op. cit.
- Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO, 2014). Harmonisierte Hintergrund- und Orientierungswerte für Nährstoffe und Chlorophyll-a in den deutschen Küstengewässern der Ostsee sowie Zielfrachten und Zielkonzentrationen für die Einträge über die Gewässer. Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduktionszielen nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Helsinki-Konvention und des Göteborg-Protokolls. Available from: [http://www.blmp-online.de/PDF/WRRL/Naeherstoffreduktionsziele\\_Ostsee\\_BLANO\\_2014.pdf](http://www.blmp-online.de/PDF/WRRL/Naeherstoffreduktionsziele_Ostsee_BLANO_2014.pdf)
- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
- DMKN Deutsches Maritimes Kompetenz Netz (2018). op. cit.
- Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO, 2018). Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Available from: <https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html>
- ibid.
- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR, 2017). Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser der westlichen Ostsee. Available from: [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/M/meeresschutz/Downloads/Bericht\\_LLUR\\_Sauerstoff\\_2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/M/meeresschutz/Downloads/Bericht_LLUR_Sauerstoff_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- ibid.
- ibid.
- Naumann M., Nausch G. (2018). op. cit.
- Hansen J. W., Rytter D. (2018). Iltsvind i de danske farvande i august-september 2018, Institute for Biosciences, Aarhus Universitet
- ibid.
- Funkey, C. P., Conley, D. J., Reuss, N. S., Humborg, C., Jilbert, T., & Slomp, C. P. (2014). Hypoxia Sustains Cyanobacteria Blooms in the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*, 48(5): 2598–2602
- German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2018). op. cit.
- ibid.
- ibid.
- ibid.
- Merlot, J. (2018). Nitrat im Grundwasser – Darum geht es in der Gülleklage. In: Spiegel Online (21.06.2018). Available from: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/nitrat-im-grundwasser-darueber-entscheidet-der-europaeische-gerichtshof-a-1213593.html>
- German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2017). Erste Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung. Available from: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Gesetze/grundwasser\\_vo.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/grundwasser_vo.pdf)
- BDEW-Gutachten (2017). Gutachten zur Berechnung der Kosten der Nitratbelastung in Wasserkörpern für die Wasserwirtschaft, Kurzfassung. Abrufbar: <https://www.bdew.de/media/documents/170113-bdew-gutachten-nitrat-kurzfassung.pdf>
- ibid.
- Bundesinstitut für Risikobewertung (2013). Fragen und Antworten zu Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. Available from: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zu-nitrat-und-nitrit-in-lebensmitteln.pdf>
- BDEW-Gutachten (2017). op. cit.
- German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit), German Federal Ministry of Food and Agriculture (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2017). Nitratbericht 2016, Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft, p. 40. Available from: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Binnengewasser/nitratbericht\\_2016\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf)
- German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, 2018). op. cit.
- ibid.
- Larsson et al. (2010). op. cit.
- BLANO (2018). op. cit.
- Larsson et al. (2010). op. cit.
- Naumann M., Nausch G. (2018). op. cit.
- BLANO (2018). op. cit.
- Larsson et al. (2010). op. cit.
- ibid.
- ibid.
- Greenpeace e. V. (2018a), op.cit.
- Greenpeace e. V. (2018), op.cit.

- 60 / LLUR (2017), op.cit.
- 61 / DMKN (2018), op.cit.
- 62 / LLUR (2017), op. cit.
- 63 / LLUR (2017), op. cit.
- 64 / CTD: von englisch Conductivity, Temperature, Depth für Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe
- 65 / LLUR (2017): Sauerstoffmangel im bodennahen Wasser, [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachhalte/M/meeresschutz/Downloads/Bericht\\_LLUR\\_Sauerstoff\\_2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachhalte/M/meeresschutz/Downloads/Bericht_LLUR_Sauerstoff_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- 66 / BLANO 2016: Fach-AG des Bund/Länder-Ausschusses für die Nord- und Ostsee
- 67 / Leip, A., et al. (2015). Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environ. Res. Lett.*, 10(11): 115004. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/11/115004/pdf>
- 68 / BLANO (2018), op. cit., p.33f
- 69 / German National Parliament (Deutscher Bundestag, 2015). Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage von Bündnis 90/Die Grünen, p. 2. Available from: <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/071/1807179.pdf>
- 70 / Nitratbericht 2017, op. Cit.
- 71 / European Council (1991). Richtlinie des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91/676/EWG) / Council Directive concerning the protection of water against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). Available from: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=urisrv:OJ.L\\_.1991.375.01.0001.01.DEU \(German\) / https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&from=DE \(English\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=urisrv:OJ.L_.1991.375.01.0001.01.DEU (German) / https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&from=DE (English))
- 72 / Greenpeace e.V. (2018). Keime außer Kontrolle. Nährstoffe und antibiotikaresistente Bakterien in Gewässern in Deutschland. Available from: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20181121-report-keime-naehrstoffe-in-gewaessern.pdf>
- 73 / Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO, 2014). Available from: [https://www.meeresschutz.info/sonstige-berichte.html?file=files/meeresschutz/berichte/sonstige/Naeherstoffreduktionsziele\\_Ostsee\\_BLANO\\_2014.pdf](https://www.meeresschutz.info/sonstige-berichte.html?file=files/meeresschutz/berichte/sonstige/Naeherstoffreduktionsziele_Ostsee_BLANO_2014.pdf)
- 74 / Merlot, J. (2018). Nitrat im Grundwasser – Darum geht es in der Gülleklage. In: Spiegel Online (21.06.2018). Available from: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/nitrat-im-grundwasser-daruber-entscheidet-de-reuropaeische-gerichtshof-a-1213593.html>
- 75 / German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2017), op. cit.
- 76 / European Council (1991), op. cit., p. 1–8
- 77 / European Union (2000). Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie). Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000L0060&from=DE>  
Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy
- 78 / Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 2015). Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. Available from: [https://www.gewaesser-bewertung.de/files/rakon\\_b\\_-\\_arbeitspapier-ii\\_stand\\_09012015.pdf](https://www.gewaesser-bewertung.de/files/rakon_b_-_arbeitspapier-ii_stand_09012015.pdf)
- 79 / <https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Gefaehrliche-Keime-in-Baechen-Fluessen-und-Seen,keime302.html>  
<http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/wasseruntersuchungen-multiresistente-keime-in-vier-gewaessern-15330012.html>  
[https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/panorama/keime\\_gewaesser\\_saarland\\_faq100.html](https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/panorama/keime_gewaesser_saarland_faq100.html)  
<https://daserste.ndr.de/panorama/aktuell/Landesregierungen-Resistente-Keime-im-Wasser,keime378.html>
- 80 / <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20181121-report-keime-naehrstoffe-in-gewaessern.pdf>
- 81 / [https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen\\_im\\_fokus/multiresistente-bakterien-164411.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen_im_fokus/multiresistente-bakterien-164411.html)
- 82 / <http://www.hyreka.net/>
- 83 / [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/Uebersichtsbeitraege/AMR\\_Europa.html](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/Uebersichtsbeitraege/AMR_Europa.html)
- 84 / <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255027/9789241512220-eng.pdf?sequence=1>
- 85 / [https://www.bvl.bund.de/DE/08\\_Presselothek/01\\_FuerJournalisten\\_Presse/01\\_Pressemitteilungen/05\\_Tierarzneimittel/2018/2018\\_07\\_23\\_pi\\_Antibiotikaabgabemenge2017.html](https://www.bvl.bund.de/DE/08_Presselothek/01_FuerJournalisten_Presse/01_Pressemitteilungen/05_Tierarzneimittel/2018/2018_07_23_pi_Antibiotikaabgabemenge2017.html)
- 86 / [https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/guelletest\\_2017-multiresistente\\_keime\\_und\\_antibiotika.pdf](https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/guelletest_2017-multiresistente_keime_und_antibiotika.pdf)
- 87 / <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/amr-report/en/>
- 88 / <http://www.onehealthinitiative.com/>
- 89 / Z.B. Vergleich ökologische/konventionelle Masthähnchen, S. 30 in „Lagebild zur Antibiotikaresistenz im Bereich Tierhaltung und Lebensmittelkette“ [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tiergesundheits/Tierarzneimittel/Lagebild%20Antibiotikaeinsatz%20bei%20Tieren%20Juli%202018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tiergesundheits/Tierarzneimittel/Lagebild%20Antibiotikaeinsatz%20bei%20Tieren%20Juli%202018.pdf?__blob=publicationFile)
- 90 / Cuny, C., Friedrich, AW., Witte, W., (2012): Absence of LA-MRSA CC398 as nasal colonizer of pigs raised in an alternative system. *Appl Environ Microbiol.* 78(4): 1296-7
- 91 / Van de Vijver, L. P. L., Tulinski, P., Bondt, N., Mevius, D. and Verwer, C. (2014). Prevalence and Molecular Characteristics of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Organic Pig Herds in The Netherlands. *Zoonoses Public Health*, 61: 338–345. doi:10.1111/zph.12076
- 92 / [https://edoc.ub.uni-muenchen.de/6100/1/Hoetzel\\_Christina.pdf](https://edoc.ub.uni-muenchen.de/6100/1/Hoetzel_Christina.pdf)
- 93 / [https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/guelletest\\_2017-multiresistente\\_keime\\_und\\_antibiotika.pdf](https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/guelletest_2017-multiresistente_keime_und_antibiotika.pdf)
- 94 / Campbell B. M., et al. (2017). Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4): 8. Available from: <https://www.ecologyandsociety.org/vol22/iss4/art8/>
- 95 / Biologisch aktive Substanzen können Lebewesen schädigen. Dazu zählen beispielsweise Arzneimittel, hormonell wirksame Substanzen oder Pestizide.
- 96 / Backhaus T., Faust M. (2012). Predictive Environmental Risk Assessment of Chemical Mixtures: A Conceptual Framework. *Environ. Sci. Technol.*, 2012, 46 (5), p. 2564–2573. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es2034125>
- 97 / Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS) (2012). Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures. Available from: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/docs/scher\\_o\\_155.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_155.pdf)
- 98 / Charuau L., Jarde E., Jaffrezic A., Thomas M. F., Le Bot B. (2018). Veterinary pharmaceutical residues from natural water to tap water: Sales, occurrence and fate. *Journal of Hazardous Materials*, 361: 169–186. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.075>
- 99 / European Medicines Agency (Europäische Arzneimittel-Agentur / EMA, 2018). Sales of veterinary antimicrobial agents in 30 European countries in 2016. Available from: [https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-30-european-countries-2016-trends-2010-2016-eighth-esvac\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-30-european-countries-2016-trends-2010-2016-eighth-esvac_en.pdf)
- 100 / Sarmah, A. K., Meyer, M. T., Boxall, A. B. A. (2006). A Global Perspective on the Use, Sales, Exposure Pathways, Occurrence, Fate and Effects of Veterinary Antibiotics (VAs) in the Environment. *Chemosphere*, 65 (5): 725–759. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653506003213>
- 101 / United Nations (2016). Press Release: High-Level Meeting on Antimicrobial Resistance (21.09.2016). Available from: <https://www.un.org/pga/71/2016/09/21/press-release-hl-meeting-on-antimicrobial-resistance/>
- 102 / World Health Organization (WHO, 2017). WHO guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals. Available from: [http://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/antimicrobial-resistance/cia\\_guidelines/en/](http://www.who.int/foodsafety/areas_work/antimicrobial-resistance/cia_guidelines/en/)
- 103 / European Parliament (2018). Press Release: Bekämpfung der Ausbreitung der Antibiotikaresistenz von Tieren auf Menschen (25.10.2018). Available from: <http://www.europarl.europa.eu/news/de/pressroom/20181018IPR16526/bekampfung-der-ausbreitung-der-antibiotikaresistenz-von-tieren-auf-menschen>
- 104 / European Medicines Agency (Europäische Arzneimittel-Agentur / EMA, 2015). Joint Interagency Antimicrobial Consumption and Resistance Analysis (JIACRA) Report. Available from: [https://www.ema.europa.eu/en/documents/presentation/presentation-joint-interagency-antimicrobial-consumption-resistance-analysis-jiacra-report-jordi\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/presentation/presentation-joint-interagency-antimicrobial-consumption-resistance-analysis-jiacra-report-jordi_en.pdf)  
In den damals 26 EU-Ländern wurden 3399,8 Tonnen Wirkstoffe für die Anwendung bei Menschen und 7982 Tonnen Wirkstoffe für die Anwendung bei Tieren verkauft.
- 105 / Greenpeace e.V. (2018). Dirty Waters. Wie Massentierhaltung Flüsse in Europa verschmutzt. Available from: <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/181129-greenpeace-report-dirty-waters-deutsch.pdf>
- 106 / European Commission. EU Pesticides database. Available from: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>
- 107 / Greenpeace e.V. (2016). The EU Pesticide Blacklist. Available from: <https://www.greenpeace.org/slovakia/PageFiles/736013/EU%20Pesticide%20Blacklist%202016.pdf>
- 108 / Bioakkumulierende Chemikalien reichern sich in bestimmten Lebewesen an, weil sie von diesen schneller aufgenommen als verstoffwechselt oder ausgeschieden werden.
- 109 / Persistente Chemikalien sind schwer abbaubar und bleiben daher über lange Zeiträume unverändert in der Umwelt.
- 110 / Carazo-Rojas E., Pérez-Rojas G., Pérez-Villanueva M., Chinchilla-Soto C., Chin-Pampillo J. S., Aguilar-Mora P., Alpizar-Marin M., Masis-Mora M., Rodríguez-Rodríguez C. E., Vryzas Z. (2018). Pesticide Monitoring and Ecotoxicological Risk Assessment in Surface Water Bodies and Sediments of a Tropical Agro-Ecosystem. *Environ. Pollut.*, 241: 800–809. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118306602>
- 111 / Malaj E., von der Ohe P. C., Grote M., Kühne R., Mondy C. P., Usseglio-Polatera P., Brack W., Schäfer R. B. (2014). Organic Chemicals Jeopardize the Health of Freshwater Ecosystems on the Continental Scale. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 111 (26): 9549–9554. Available from: [https://www.academia.edu/13694271/Organic\\_chemicals\\_jeopardize\\_the\\_health\\_of\\_freshwater\\_ecosystems\\_on\\_the\\_continental\\_scale](https://www.academia.edu/13694271/Organic_chemicals_jeopardize_the_health_of_freshwater_ecosystems_on_the_continental_scale)
- 112 / Hernández F., Ibáñez M., Portolés T., Cervera M. I., Sancho J. V., López F. J. (2015). Advancing towards Universal Screening for Organic Pollutants in Waters. *Journal of Hazardous Materials*, 282: 86–95. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941400661X>
- 113 / Meffe, R., de Bustamante, I. (2014). Emerging Organic Contaminants in Surface Water and Groundwater: A First Overview of the Situation in Italy. *Science of the Total Environ.*, 481: 280–295. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714002277>
- 114 / Liess, M., Ohe, P. C. von der (2009). Analyzing Effects of Pesticides on Invertebrate Communities in Streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4): 954–965. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/7897010\\_Analyzing\\_effects\\_of\\_pesticides\\_on\\_invertebrate\\_communities\\_in\\_streams](https://www.researchgate.net/publication/7897010_Analyzing_effects_of_pesticides_on_invertebrate_communities_in_streams)
- 115 / Schäfer, R. B., Caquet, T., Simes, K., Mueller, R., Lagadic, L., Liess, M. (2007). Effects of Pesticides on Community Structure and Ecosystem Functions in Agricultural Streams of Three Biogeographical Regions in Europe. *Sci. Total Environ.*, 382(2–3): 272–285. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969707005062>
- 116 / Liess, M., Schäfer, R. B., Schriever, C. A., (2008). The Footprint of Pesticide Stress in Communities – Species Traits Reveal Community Effects of Toxicants. *Science of the Total Environ.*, 406(3): 484–490. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896970800630X>
- 117 / Pestizide können auch dann noch in Flüssen und Kanälen nachgewiesen werden, wenn ihr Einsatz in der Landwirtschaft bereits einige Zeit – möglicherweise Jahre – zurückliegt. Sie können im Boden oder Grundwasser verbleiben und mit der Zeit langsam ausgewaschen werden. Der Nachweis verbotener Pestizide ist somit nicht zwangsläufig auf illegale Anwendung zurückzuführen, sondern hängt oft mit ihrer langen Persistenz in der Umwelt zusammen.
- 118 / Bei den meisten Wirkstoffen fehlt ein Konsens darüber, welche Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung ihrer Risiken angewandt werden sollten. Es gibt mehrere wissenschaftliche Institutionen, die regulatorisch akzeptable Konzentrationen (RAK) festlegen. Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) ist eine davon. Die UBA-RAK-Liste enthält die RAK von 59 der insgesamt 104 nachgewiesenen Pestizide.
- 119 / German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA, 2016). Regulatorisch akzeptable Konzentration für ausgewählte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (UBA-RAK-Liste): <https://webtox.uba.de/webETOX/public/basics/literatur.do?id=24559>
- 120 / Malaj, E., von der Ohe, P. C., Grote, M., Kühne, R., Mondy, C. P., Usseglio-Polatera, P., Brack, W., Schäfer, R. B. (2014). Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 9549 LP-9554.
- 121 / Altenburger, R. et al, 2015. Future water quality monitoring – Adapting tools to deal with mixtures of pollutants in water resource management. *Sci. Total Environ.* 512–513, 540–551. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.12.057>
- 122 / Moschet, C., Wittmer, I., Simovic, J., Junghans, M., Piazzoli, A., Singer, H., Stamm, C., Leu, C., Hollender, J., 2014. How a Complete Pesticide Screening Changes the Assessment of Surface Water Quality. *Environ. Sci. Technol.* 48, 5423–5432. <https://doi.org/10.1021/es500371t>
- 123 / Schreiner, V.C., Szöcs, E., Bhowmik, A.K., Vijver, M.G., Schäfer, R.B., 2016. Pesticide mixtures in streams of several European countries and the USA. *Sci. Total Environ.* 573, 680–689. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.08.163>
- 124 / Hernández, A.F., Parrón, T., Requena, M., Alarcón, R., López-Guarnido, O., 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology* 307, 136–145. <https://doi.org/10.1016/J.TOX.2012.06.009>
- 125 / Brack, W., et al, 2015. The SOLUTIONS project: Challenges and responses for present and future emerging pollutants in land and water resources management. *Sci. Total Environ.* 503–504, 22–31. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.05.143>
- 126 / Hernández et al., 2013
- 127 / Casado J, Bridgen K, Santillo D, Johnston P: Screening of pesticides, veterinary drugs and heavy metals in Baltic Sea waterways available from: <http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2019/01/Baltic-report-2018.pdf>
- 128 / Flem, B., Reimann, C., Fabian, K., Birke, M., Filzmoser, P., Banks, D. (2018). Graphical statistics to explore the natural and anthropogenic processes influencing the inorganic quality of drinking water, ground water and surface water. *Applied Geochemistry*, 88(B), 133–148.
- 129 / CTD: von englisch Conductivity, Temperature, Depth für Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe
- 130 / GERMAP 2015: [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/05\\_Tierarzneimittel/germap2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/05_Tierarzneimittel/germap2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- 131 / [http://www.bfr.bund.de/de/fragen\\_und\\_antworten\\_zu\\_methicillin\\_resistenten\\_staphylococcus\\_aureus\\_mrsa\\_-11172.html](http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_methicillin_resistenten_staphylococcus_aureus_mrsa_-11172.html)
- 132 / Casado, J., Santillo, D., Johnston, P. (2018). Multi-residue analysis of pesticides in surface water by liquid chromatography quadrupole-Orbitrap high resolution tandem mass spectrometry. *Analytica chimica acta*, 1024, 1–17

## IMPRESSUM

### Veröffentlicht von

Greenpeace e. V.  
Hongkongstraße 10  
20457 Hamburg  
Tel. (040) 3 06 18-0

### Pressestelle

Tel. (040) 3 06 18-340  
Fax (040) 3 06 18-340  
pressestelle@greenpeace.de

### Politische Vertretung Berlin

Marienstraße 19–20  
10117 Berlin  
Tel. (030) 30 88 99-0  
pressestelle@greenpeace.de

### Vi.S.d.P.

Dr. Dirk Zimmermann

### Redaktion

Matthias Lambrecht

### Produktion

Birgit Matyssek

### Fotos

Daniel Müller: Titel, 12, 13, 31, 41, 53, 54;  
Maria Feck: 4, 5, 10, 15, 25, 27, 44, 47,  
55, 58/59;  
Florian Manz: 8; Wolf Wichmann: 16, 32;  
Timo Kleinerüschkamp: 18–23;  
alle © Greenpeace

### Karten

geoSYS, Berlin

### Gestaltung

Stefan Klein | klasse3b.com