



Kondition von Miesmuscheln eulitoralener Muschelbänke im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer 2016–2021

Sabine Nestler



**Kondition von Miesmu-
scheln eulitoraler
Muschelbänke im
Nationalpark Nieder-
sächsisches Wattenmeer
2016–2021**

Vorwort

Auf den weichen und dynamischen Sedimenten der Wattflächen bilden Muschelbänke feste Strukturen, die die Lebensbedingungen für eine Vielzahl weiterer Tier- und Pflanzenarten im Gezeitenbereich verändern oder überhaupt erst herstellen. Muschelbänke steigern somit die strukturelle Vielfalt und damit einhergehend die Biodiversität im Weltnaturerbe Wattenmeer. Mit der Ausbreitung der Pazifischen Auster (*Magallana gigas*), die als gebietsfremde Art im Wattenmeer kultiviert wurde, haben sich die zuvor von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) gebildeten Muschelbänke deutlich umgestaltet: Miesmuschelbänke der herkömmlichen Form sind heute praktisch nicht mehr anzutreffen. Die Miesmuscheln teilen nun ihren Status als „Ökosystem-Ingenieur“ mit der eingeschleppten Pazifischen Auster.

In der vorliegenden Studie wird der Ernährungszustand der Miesmuscheln in den Muschelbänken der niedersächsischen Watten für die Jahre 2016 – 2021 untersucht und im Kontext weiterer seit 2012 erhobener Daten analysiert. Die Miesmuschelkondition wird über das Gewicht des Weichkörpers in Relation zur Schalenlänge ermittelt. Als Maß für den Ernährungszustand der Muscheln spiegelt sie die Qualität der Lebensbedingungen für die Muscheln in einem gewichtigen Teil des Ökosystems Wattenmeer wider. Darüber hinaus ist dieses Schale-Fleisch-Verhältnis der Muscheln von großer Bedeutung als Nahrung für Vögel – vor allem Eiderenten und Austernfischer – denen die Muscheln neben einigen Krebstieren als Nahrungsquelle dienen. Denn wenig Fleisch bei dicker Schale lässt die Vögel irgendwann mit gefülltem Magen verhungern.

Wie hat sich also die Kondition der Miesmuscheln in den Untersuchungsjahren 2012 bzw. 2016 bis 2021 entwickelt? Wie unterscheiden sich die verschiedenen Muschelbankstandorte und wirken sich die Wintertemperaturen auf den Fleischgehalt der Miesmuscheln aus? Diesen Fragen wird in diesem Bericht auch als Ausgangspunkt für weitere Forschungen nachgegangen.

Peter Südbeck
Leiter der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer

**Auswertung der Konditionsdaten
von Miesmuscheln eulitoraler Muschelbänke
im Nationalpark
Niedersächsisches Wattenmeer**

Daten 2016 - 2021

im Auftrag der
**Nationalparkverwaltung
Niedersächsisches Wattenmeer**



November 2022

IfAÖ Institut für Angewandte
Ökosystemforschung GmbH

Tel.: +49 38204 618-0
Fax: +49 38204 618-10

info@ifaoe.de
www.ifaoe.de



Ein Unternehmen der
GICON®
Gruppe

Angaben zur Auftragsbearbeitung

Auftraggeber: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
Virchowstr. 1
26382 Wilhelmshaven

Ansprechpartnerin: Dr. Winny Adolph
Telefon: +49 4421 911-268
E-Mail: Winny.Adolph@nlpvw.niedersachsen.de

Projektbearbeitung

Projektnummer: P218110

Auftragnehmer: IfAÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH

Postanschrift: IfAÖ GmbH
Alte Dorfstraße 11
18184 Neu Broderstorf

Projektleitung: Dipl. Biol. Sabine Nestler
Telefon: +49 38204 61838
E-Mail: nestler@ifaoe.de

Berichtserstellung: Dipl. Biol. Sabine Nestler

Fertigstellungsdatum: 29.11.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Summary.....	7
Zusammenfassung.....	8
1 Einleitung und Zielstellung.....	9
2 Untersuchungsgebiete und Methoden.....	10
3 Ergebnisse.....	14
3.1 Entwicklung der Konditionsdaten zwischen 2016 und 2021.....	14
3.2 Räumliche Unterschiede der Konditionsdaten.....	19
3.3 Fleischgewichte und Dichte der Miesmuscheln.....	23
3.4 Konditionsdaten und Wintertemperaturen.....	27
4 Diskussion.....	29
5 Literatur.....	31
6 Anhang.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übersicht der Muschelbankstandorte westlich von Spiekeroog (oben) und östlich von Langeoog (unten) im niedersächsischen Wattenmeer, an denen jährlich Geländeerhebungen durchgeführt werden.	11
Abb. 2:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2016. Standorte angeordnet von West nach Ost.	14
Abb. 3:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2017. Standorte angeordnet von West nach Ost.	15
Abb. 4:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2018. Standorte angeordnet von West nach Ost.	15
Abb. 5:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2019. Standorte angeordnet von West nach Ost.	16
Abb. 6:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2020. Standorte angeordnet von West nach Ost.	16
Abb. 7:	Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2021. Standorte angeordnet von West nach Ost.	17
Abb. 8:	Boxplots zur Entwicklung der a-Werte der 22 untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in allen Jahren von 2016 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).....	18
Abb. 9:	Boxplots zur Entwicklung der a-Werte der 13 untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in allen Jahren von 2012 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).....	18
Abb. 10:	Boxplots zur Entwicklung der a-Werte aller untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in den Jahren von 2012 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).....	19
Abb. 11:	Mittlerer prozentualer Fleischgehalt pro Jahr der von 2012 bis 2021 beprobten niedersächsischen Miesmuschelstandorte. Standorte angeordnet von West nach Ost. Ersatzbänke: LAN 2: seit 2020 LAN 2 E20; WAN 1: seit 2018 WAN 1 E18, seit 2020 WAN 1 E20; JAD 3: seit 2017 JAD 3 E17.	20
Abb. 12:	Entwicklung der Konditionswerte (a-Wert) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte in den Jahren 2012 bis 2021 aufgeteilt nach den Gebieten BOR, JUI & NOR, BAL, LAN, SPI, WAN, JAD & WEG und WUR.	

Ersatzbänke: LAN 2: seit 2020 LAN 2 E20; WAN 1: seit 2018 WAN 1 E18, seit 2020 WAN 1 E20; JAD 3: seit 2017 JAD 3 E17.....	22
Abb. 13: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2016.....	24
Abb. 14: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2017.....	24
Abb. 15: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2018.....	25
Abb. 16: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2019.....	25
Abb. 17: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2020.....	26
Abb. 18: Mittleres Fleischgewicht [g/m ²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m ²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2021.....	26
Abb. 19: Verhältnis von Lufttemperaturen [° C] im Winter und Konditionswerten (a-Wert) der Miesmuscheln auf allen untersuchten Muschelbänken im niedersächsischen Wattenmeer von 2012 bis 2021. Die Anzahl der Muschelbänke (n) unterscheidet sich zwischen den Jahren.	27
Abb. 20: Verhältnis von Wassertemperaturen [° C] im Winter und Konditionswerten (a-Wert) der Miesmuscheln auf allen untersuchten Muschelbänken im niedersächsischen Wattenmeer von 2012 bis 2021. Die Anzahl der Muschelbänke (n) unterscheidet sich zwischen den Jahren.	28

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Datengrundlage (●) 2012 bis 2021 für die Auswertung niedersächsischer Miesmuschelstandorte. KG: Bestimmung von Kochgewicht und Schalenlänge (1 Sammelprobe je Bank); A: Bestimmung von Abundanz und Schalenlänge (12 Proben je Bank); grau hinterlegt: keine Daten vorhanden; grün hinterlegt: Daten 2012 bis 2021 durchgängig vorhanden; blau hinterlegt: Daten 2016 bis 2021 durchgängig vorhanden.....	12
Tab. 2: Ergebnisse der Korrelation (Spearman's rank correlation) der von West nach Ost geordneten Standorte mit dem a-Wert der Untersuchungsjahre 2012-2021.	19
Tab. 3: Miesmuscheldichte [Ind./m ²] und Fleischgewicht [g/m ²] aller untersuchten Miesmuschelbänke im niedersächsischen Wattenmeer von 2016 bis 2021. Mittelwerte wurden auf Basis der mittleren Dichte pro Bank berechnet. MW: Mittelwert; Stabw.: Standardabweichung; n: Anzahl der untersuchten Bänke.	23

Tab. 4:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2016. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.....	33
Tab. 5:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2017. * JAD 3 ist erloschen, ab 2017 JAD 3 E17 als Ersatz (nahegelegene neu entstandene Bank). MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.....	34
Tab. 6:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2018. * WAN 1 ist erloschen, ab 2018 WAN 1 E18 als Ersatz (nahegelegene neu entstandene Bank). ** LAN 1 stark erodiert. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.....	35
Tab. 7:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2019. * LAN 1 stark erodiert / rudimentär. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.	36
Tab. 8:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2020. * WAN 1 E18 ist erloschen, ab 2020 WAN 1 E20 als Ersatz (nahegelegene Bank). * LAN 2 stark erodiert, ab 2020 LAN 2 E20 als Ersatz (nahegelegene Bank). *** LAN 1 stark erodiert / rudimentär. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.	37
Tab. 9:	Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2021. * für den Fleischgehalt liegt lediglich eine Probe der rudimentären Bank LAN 2 vor. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.	38
Tab. 10:	Wöchentliche Wassertemperaturen [°C] an der Station Norderney Hafen THW (Nney_W_2) des NLWKN zwischen November und März in den Wintern 2011 / 2012 bis 2020 / 2021 sowie Mittelwert (MW) Minimum (Min) und Maximum (Max) je Winter.....	39

Summary

In the Lower Saxony Wadden Sea, an annual assessment of the mussel population is carried out by field surveys at selected sites between Borkum and the Wurster North Sea coast, being an integral part of the management plan. As part of the project "Mussel bank monitoring for sustainable fisheries", the analysis of mussel condition data from the years 2016 to 2021 was carried out. The condition index (a) can be determined from the cooked meat weight (W_F) and the shell length (L) using the function $W_F = a * L^b$.

The condition indices (a-value) of the mussels varied both between the individual mussel beds and between the years. Between 2016 and 2021, cooked meat content ranged from 7 % to 27 % at 26 to 28 sites each year. Mussel density and flesh weight also varied significantly between the different sites.

Regarding the location along the coast of Lower Saxony (west-east gradient), no clear correlation with mussel condition could be found. However, the a-values in the Jade Bay were generally lower than in the other areas studied. The mussel condition decreased between 2012 and 2016, but increased again in the following years until 2021. Seasonal differences could not be detected.

The results of this study indicate that mild winters with comparatively warm water temperatures have a negative effect on mussel condition. However, no clear relationship was found between mean winter temperature and mussel condition. It is true that the lowest a-values were recorded in 2016, following the winter with the warmest mean water temperature. However, temperature alone cannot explain the differences in mussel condition between the individual years; other factors such as oxygen concentration and food availability are likely to be involved.

Zusammenfassung

Im niedersächsischen Wattenmeer wird jährlich eine Bestandserfassung der Miesmuscheln durch Geländeerhebungen an ausgewählten Standorten zwischen Borkum und der Wurster Nordseeküste durchgeführt, was als eine Komponente des Miesmuschelbewirtschaftungsplans festgeschrieben ist. Im Rahmen des Projektes „Muschelbankmonitoring für eine nachhaltige Fischerei“ erfolgte die Auswertung von Konditionsdaten von Miesmuscheln aus den Probenahmen der Jahre 2016 bis einschließlich 2021. Dabei lässt sich der Konditionsindex (a) aus dem Kochgewicht (W_F) und der Länge der Muscheln (L) über die Funktion $W_F = a * L^b$ ermitteln.

Die Konditionswerte (a-Wert) der Miesmuscheln variierten sowohl zwischen den einzelnen Muschelbänken als auch zwischen den Untersuchungsjahren. Im Zeitraum zwischen 2016 und 2021 wurde jährlich an 26 bis 28 Standorten ein Fleischgehalt von 7 % bis 27 % bestimmt. Auch die Miesmuscheldichte und das Fleischgewicht variierten deutlich zwischen den einzelnen Standorten.

Bezüglich der Lage entlang der niedersächsischen Küste (West-Ost-Gradient) konnte kein eindeutiger Zusammenhang mit der Miesmuschelkondition festgestellt werden. Allerdings fielen die a-Werte im Jadebusen generell niedriger aus als in den übrigen untersuchten Bereichen. Zwischen 2012 und 2016 nahm die Miesmuschelkondition ab, nahm in den darauffolgenden Jahren bis 2021 jedoch wieder zu. Saisonale Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen deuten darauf hin, dass sich milde Winter mit vergleichsweise warmen Wassertemperaturen negativ auf die Miesmuschelkondition auswirken. Allerdings konnte zwischen der mittleren Wintertemperatur und der Miesmuschelkondition kein eindeutiger Zusammenhang festgestellt werden. Zwar wurden die niedrigsten a-Werte im Jahr 2016, nach dem Winter mit der wärmsten mittleren Wassertemperatur, ermittelt. Jedoch kann die Temperatur allein die Unterschiede in der Miesmuschelkondition zwischen den einzelnen Jahren nicht erklären, sondern es spielen vermutlich auch andere Faktoren wie Sauerstoffkonzentration und Nahrungsverfügbarkeit eine Rolle.

1 Einleitung und Zielstellung

Das Wattenmeer ist die größte zusammenhängende Weichbodenküste der Erde, auf deren Oberfläche Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und Pazifische Austern (*Magallana gigas*) dauerhaft in unterschiedlichen Anteilen leben (BUSCHBAUM & SAIER 2003) und somit biogene Makrostrukturen (Muschelbänke) bilden. Muschelbänke bedecken auf den ausgedehnten Wattflächen meist nur sehr kleine Flächen (meist nicht mehr als ein Prozent; BUSCHBAUM & SAIER 2003). Dennoch besitzen die Muschelbänke eine grundlegende Bedeutung für das gesamte Ökosystem Wattenmeer (FOLMER et al. 2014; FOLMER et al. 2017). Die Muschelbänke werden von vielen Organismen als Lebensraum genutzt, die entweder die günstigen Lebensbedingungen zwischen den Muschelaggregationen nutzen oder die Muscheln selbst als Hartsubstrat zur Verankerung verwenden (ALBRECHT 1998; BUSCHBAUM & SAIER 2001; BUSCHBAUM & SAIER 2003). Miesmuscheln bilden darüber hinaus die Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl muschelfressender Vögel, Krebse und Seesterne. Insgesamt sind die Miesmuscheln im Wattenmeer in ein Netz von Wechselbeziehungen mit Prädatoren, Parasiten und konkurrierenden Aufwuchsorganismen eingebunden, die zwar die Häufigkeit und Kondition der Muscheln verändern, meist aber stabilisierend wirken (REISE & BUSCHBAUM 2017).

Die Kondition von Miesmuscheln (*Mytilus edulis* agg.) wird über das Fleischgewicht in Relation zur Größe der Muschel ermittelt und gilt als Maß für den Ernährungszustand der Muscheln (DAVENPORT & CHEN 1987). Die Kondition von Miesmuscheln ist nicht nur für die Tiere selbst wichtig, sondern auch für Vögel (z. B. Eiderenten und Austernfischer) von Bedeutung, die Muscheln mit dünner Schale und hohem Fleischgehalt finden müssen, um einen möglichst hohen Energiegewinn aus der Nahrungsaufnahme zu generieren (NEHLS 2019).

Bereits seit 2012 wird die Kondition von Miesmuscheln parallel zum Miesmuschelmonitoring im Rahmen des Miesmuschelmanagement- bzw. -bewirtschaftungsplans ermittelt. Im Gebiet des Nationalparks „Niedersächsisches Wattenmeer“ ist es das Ziel, eine möglichst ungestörte Entwicklung der Muschelbänke und ihrer Lebensgemeinschaften zu gewährleisten, die mit einer nachhaltigen Miesmuschelfischerei in Einklang gebracht werden soll.

Innerhalb des Projektes „Muschelbankmonitoring für eine nachhaltige Fischerei“, das als Aufgabe hat, Daten und Kenntnisse zu liefern, die zur Bewertung des Miesmuschelbestandes und der Muschelfischerei benötigt werden¹, erfolgte die Auswertung von Konditionsdaten von Miesmuscheln eulitoralischer Muschelbänke im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ aus den Jahren 2016 bis 2021, die analog zu den bisher für das niedersächsische Wattenmeer erfolgten Analysen (WITTE et al. 2013; BÜTTGER & ROSE 2017) ausgewertet wurden. Es wurde u. a. untersucht, ob es generelle Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren 2012 bzw. 2016 bis 2021 gab. Außerdem wurde eine mögliche Korrelation mit der Lage der Muschelbänke (West-Ost-Gradient) sowie der Einfluss der Wintertemperaturen auf den Fleischgehalt der Miesmuscheln für den Zeitraum 2012 bis 2021 untersucht.

¹ <https://www.nationalpark-wattenmeer.de/wissensbeitrag/muschelbankmonitoring/>

2 Untersuchungsgebiete und Methoden

Im niedersächsischen Wattenmeer wird jährlich eine Bestandserfassung der Miesmuscheln durch Geländeerhebungen an ausgewählten Standorten durchgeführt. Die Probenahme erfolgte dabei in der Regel im Zeitraum April bis Juni / Juli. Die Erfassungs- und Auswertungsmethoden in den Jahren 2012 bis 2021 entsprachen denen vorheriger Projekte (HERLYN & MICHAELIS 1993; HERLYN & MICHAELIS 1996; MILLAT & HERLYN 1999; HERLYN & MILLAT 2004).

Es wurden Bänke mit Miesmuschelbewuchs in folgenden Gebieten im niedersächsischen Wattenmeer untersucht (Abb. 1):

- südöstlich Borkum (BOR)
- südlich Juist (JUI)
- südlich Norderney (NOR)
- südlich und südöstlich Baltrum (BAL)
- südlich und südöstlich Langeoog (LAN)
- südlich Spiekeroog (SPI)
- südlich von Wangerooge und östlich Horemersiel (WAN)
- im Jadebusen (JAD)
- südöstlich Mellum (WEG)
- westlich Wurster Nordseeküste (WUR)

Zwischen 2016 und 2021 wurde jährlich an 26 bis 28 Standorten der Fleischgehalt der Miesmuscheln bestimmt (siehe Anhang Tab. 4 bis Tab. 9). Die Daten aus den Untersuchungsjahren 2012 (WITTE et al. 2013) sowie 2013 bis 2015 (BÜTTGER & ROSE 2017) sind im Anhang nicht mit dargestellt, werden aber in der Auswertung berücksichtigt.

Eine Übersicht der vorhandenen Daten findet sich in Tab. 1. Nicht alle Miesmuschelstandorte konnten jedes Jahr beprobt werden: Der Standort LAN 1 war seit 2018 stark erodiert (z. T. leere Proben) und auch in den Folgejahren nur noch rudimentär vorhanden. Ebenso war der Standort LAN 2 im Jahr 2020 stark erodiert, weshalb seit 2020 der nahegelegene Standort LAN 2 E20 als Ersatz beprobt wurde. Der Standort WAN 1 war 2018 erloschen. Hierfür wurde 2018 und 2019 die neu entstandene Bank WAN 1 E18 beprobt und nach deren erneutem Erlöschen seit 2020 der nahegelegene Standort WAN 1 E20. Der Miesmuschelstandort JAD 3 war im Jahr 2013 bereits erloschen. Seit 2017 konnte hierfür als Ersatz die nahegelegene und neu entstandene Bank JAD 3 E17 beprobt werden.

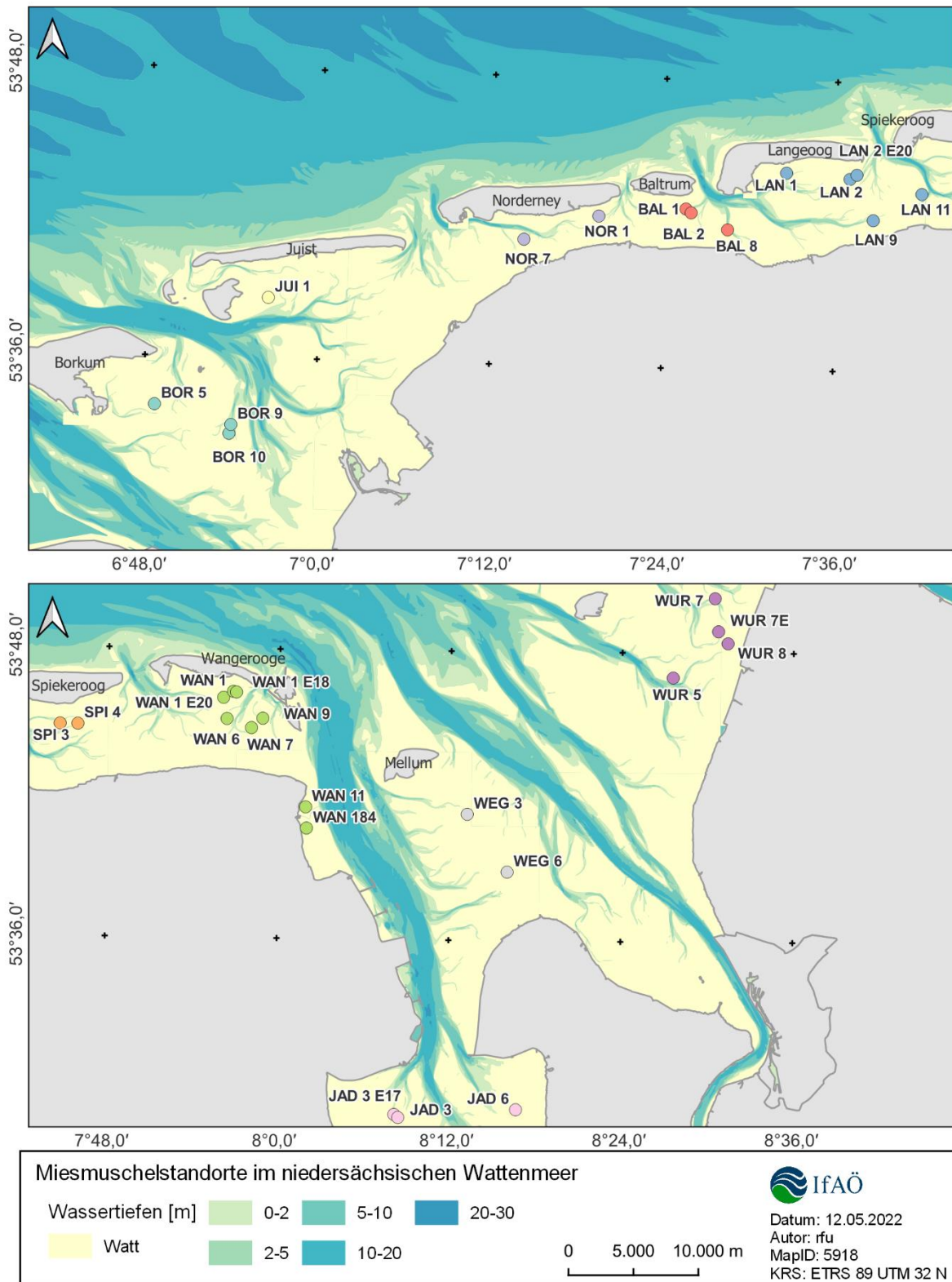


Abb. 1: Übersicht der Muschelbankstandorte westlich von Spiekeroog (oben) und östlich von Langeoog (unten) im niedersächsischen Wattenmeer, an denen jährlich Geländeerhebungen durchgeführt werden.

Tab. 1: Datengrundlage (●) 2012 bis 2021 für die Auswertung niedersächsischer Miesmuschelstandorte. KG: Bestimmung von Kochgewicht und Schalenlänge (1 Sammelprobe je Bank); A: Bestimmung von Abundanz und Schalenlänge (12 Proben je Bank); grau hinterlegt: keine Daten vorhanden; grün hinterlegt: Daten 2012 bis 2021 durchgängig vorhanden; blau hinterlegt: Daten 2016 bis 2021 durchgängig vorhanden.

Bank	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A	KG	A
BOR 5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BOR 10	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BOR 9		●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
JUI 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NOR 7		●		●		●		●		●		●		●		●		●		●
NOR 1	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BAL 1	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BAL 2	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BAL 8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
LAN 1	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	(●)	●	(●)	●		●	
nahe LAN 1	●																			
LAN 2	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	
LAN 2 E20																	●	●		●
LAN 9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
LAN 11	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SPI 3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SPI 4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WAN 6	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WAN 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
WAN 1 E18													●	●		●				
WAN 1 E20																	●	●	●	●
WAN 7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WAN 9				●	●	●	●	●	●	●									●	●
WAN 11	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WAN 184	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
JAD 3	●	●																		
JAD 3 E17											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
JAD 6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WEG 3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WEG 6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WUR 5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WUR 7				●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●			●	●
WUR 7E		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
WUR 8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

An jedem untersuchten Standort im niedersächsischen Wattenmeer wurden zwölf verteilte Unterproben mit Hilfe eines Stechzylinders entnommen ($\varnothing = 15$ cm). Nach der Reinigung und Sortierung der Proben im Labor wurden die Individuendichte (Ind./m²) und die Schalenlänge (mm) der Miesmuscheln sowie die Gesamtbioasse (Lebendnassgewicht in kg/m²) bestimmt (HERLYN & MICHAELIS 1993; HERLYN & MICHAELIS 1996; MILLAT & HERLYN 1999; HERLYN & MILLAT 2004).

Zur Ermittlung der „Muschelkondition“ wurde an jedem Standort (bis auf NOR 7) eine zusätzliche Sammelprobe entnommen und eingefroren. Aus dieser Probe wurde analog zu den vorangegangenen Untersuchungen von 2012 bis 2015 der Konditionsindex der Miesmuscheln anhand des Verhältnisses von Länge und Gewicht der Muscheln bestimmt. Für die Bestimmung des Fleischgehaltes wurden die Muscheln, entsprechend der Methode in Schleswig-Holstein, in Zentimeterklassen sortiert, so dass möglichst je Größenklasse (> 20 mm) ca. zehn Muscheln bearbeitet

wurden. Die Miesmuscheln wurden 5 Minuten gekocht, das Fleisch aus den Schalen gelöst und anhaftendes Wasser mit Fließpapier abgetupft. Im Anschluss wurden Fleisch und Muschelschale getrennt gewogen (Wägegenauigkeit: 0,01 g).

Für die Datenauswertung wurden alle Muscheln > 20 mm berücksichtigt, für die ein Fleischgehalt bestimmt wurde.

Die Längengewichtsbeziehung von Muscheln folgt einer nicht-linearen Regression mit der Formel:

$$W_F = a \times L^b$$

Dabei ist W_F das Fleischgewicht und L die Länge der Muschel.

Für den Vergleich unterschiedlicher Populationen wird der b -Wert konstant auf 2,8 gesetzt. Der dimensionslose a -Wert dient als Maß für den Gewichtszustand der Muscheln einer Bank. Bezogen auf das Lebendnassgewicht (LNG) eulitoraler Miesmuscheln entspricht ein a -Wert von $2,0 \cdot 10^{-5}$ einem Fleischgehalt von 8 %, $6,0 \cdot 10^{-5}$ entsprechen 24 % (BÜTTGER & ROSE 2017).

Nach der Bestimmung des Parameters a für jeden untersuchten Standort wurde mit der oben genannten Formel das Fleischgewicht pro Miesmuschel (g) aus den Daten der Längenhäufigkeitsverteilung (zwölf Proben pro Standort) berechnet. Anschließend wurde unter Berücksichtigung der Stechrührgröße und der Probenanzahl das Fleischgewicht in g/m^2 ermittelt, analog zur Miesmuscheldichte ($\text{Ind.}/\text{m}^2$).

Die a -Werte des Fleischgewichtes wurden mittels eines Friedman-Tests für verbundene Stichproben auf generelle Unterschiede über die Untersuchungsjahre 2016-2021 hinweg getestet. Dafür wurden 22 Bänke berücksichtigt, für die aus allen Jahren von 2016 bis 2021 Daten vorlagen (Tab. 1). Zusätzlich konnte für 13 Bänke auf Unterschiede über die Untersuchungsjahre 2012-2021 hinweg getestet werden.

Außerdem wurde eine mögliche Korrelation mit der Lage der Muschelbänke (West-Ost Gradient) mit Hilfe einer Spearman's rank correlation untersucht.

Um den Einfluss der Wintertemperaturen auf den Fleischgehalt der Miesmuscheln zu untersuchen, wurden die winterlichen Temperaturmittel (x -Achse) gegen die a -Werte aller Standorte (y -Achse) aufgetragen, die in den Jahren von 2012 bis 2021 untersucht wurden. Analog zu den vorangegangenen Untersuchungen (BÜTTGER & ROSE 2017) wurden die Lufttemperaturdaten von der Wetterkontor-Seite bezogen: <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp>. Dabei wurden die Daten für Norderney verwendet (z. B. für Winter 2020/2021). Lufttemperaturen wurden hier auf einer groben zeitlichen Skala als Proxy („Stellvertreter“) für die Wassertemperaturen verwendet. Sie sind ein Anzeiger der Winterverhältnisse und können für die Betrachtung der Effekte der Winterverhältnisse auf die Muschelkondition verwendet werden (BÜTTGER & ROSE 2017). Zusätzlich dazu erfolgte auch ein Vergleich mit den winterlichen Wassertemperaturen. Hierfür wurden die wöchentlichen Messdaten der Station Norderney Hafen THW (Nney_W_2) des NLWKN zwischen November und März in den Wintern 2011 / 2012 bis 2020 / 2021 gemittelt (Tab. 10) und in gleicher Weise wie die Lufttemperaturen gegen die a -Werte aller Standorte aufgetragen.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Konditionsdaten zwischen 2016 und 2021

Es konnten nicht alle Miesmuschelbänke in jedem Jahr untersucht werden (Tab. 1, Kap. 2).

Die Konditionswerte (a-Wert) der Miesmuscheln variierten sowohl zwischen den einzelnen Muschelbänken als auch zwischen den Untersuchungsjahren 2016 bis 2021 (Abb. 2 bis Abb. 7). Der höchste Wert in diesem Zeitraum wurde am Standort WAN 9 im Jahr 2021 ermittelt ($6,76 \cdot 10^{-05}$, entspricht einem Fleischgehalt von 27,0 %),

Die niedrigsten Konditionswerte wurden am Standort JAD 6 in den Jahren 2019 ($1,49 \cdot 10^{-05}$, entspricht einem Fleischgehalt von 6,0 %) sowie 2016 und 2017 (jeweils $1,75 \cdot 10^{-05}$, entspricht einem Fleischgehalt von 7,0 %) dokumentiert.

Bezüglich des Beprobungszeitraumes (Frühjahr und Sommer) wurde kein eindeutiger Trend festgestellt.

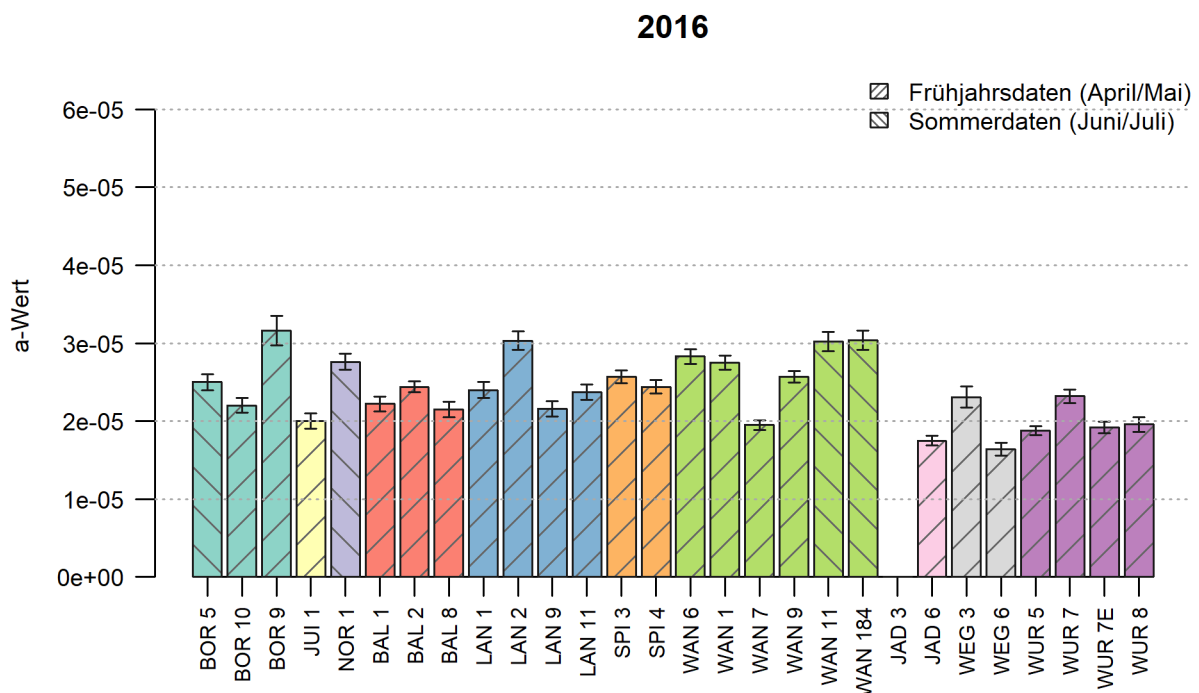


Abb. 2: Konditionswerte (a-Wert \pm Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2016. Standorte angeordnet von West nach Ost.

2017

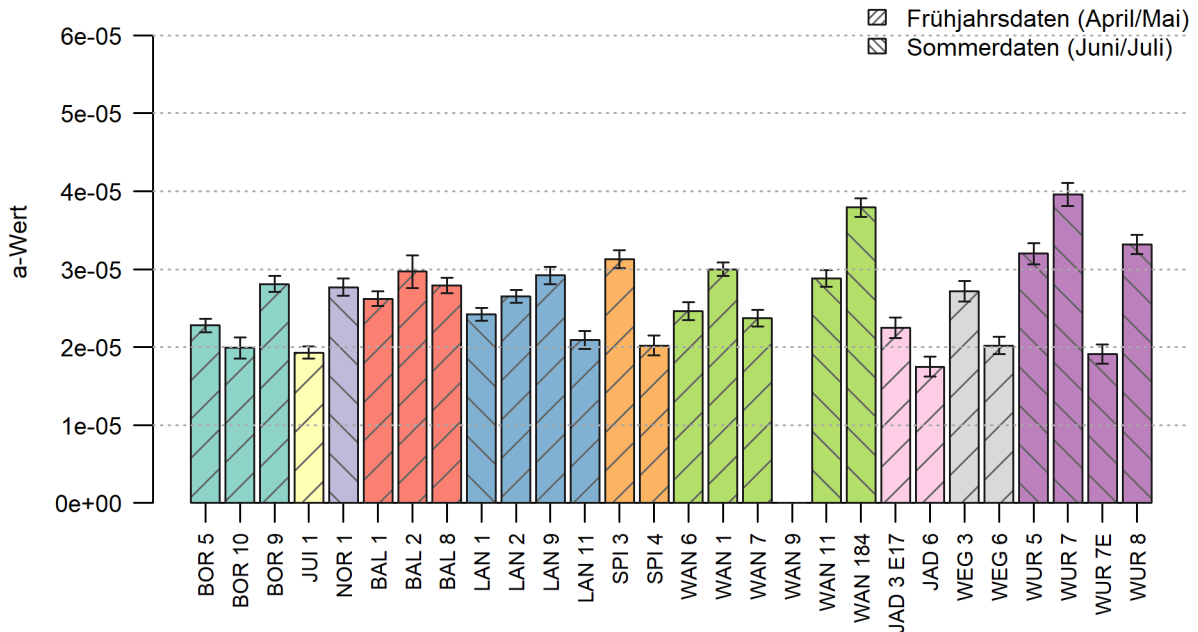


Abb. 3: Konditionswerte (a-Wert ± Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2017. Standorte angeordnet von West nach Ost.

2018

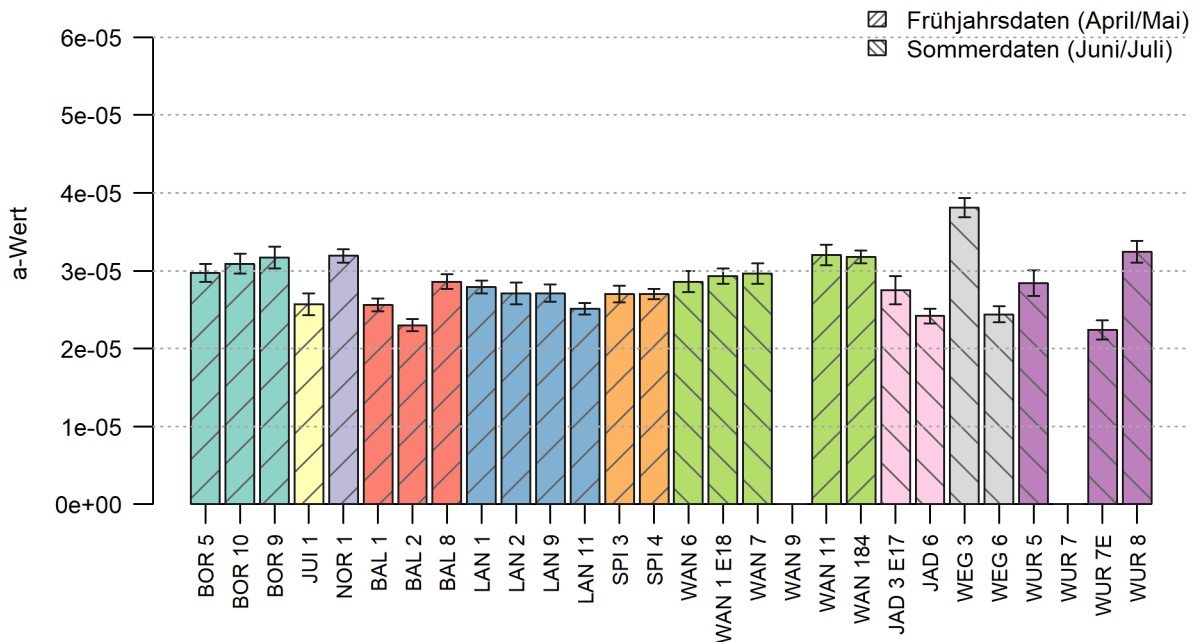


Abb. 4: Konditionswerte (a-Wert ± Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2018. Standorte angeordnet von West nach Ost.

2019

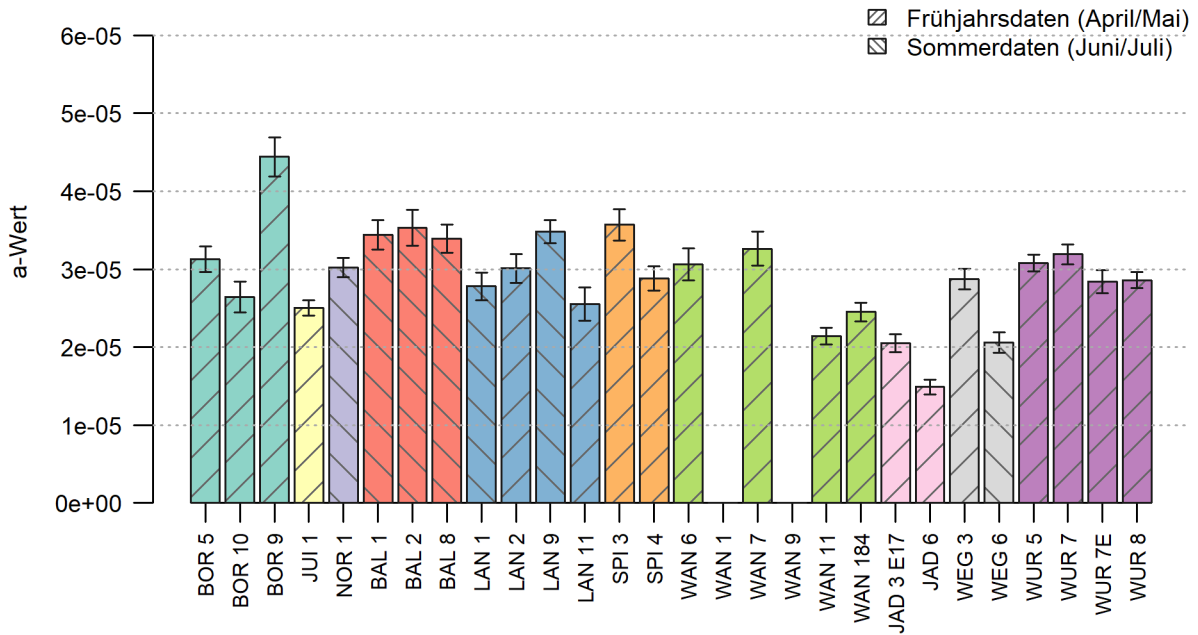


Abb. 5: Konditionswerte (a-Wert ± Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2019. Standorte angeordnet von West nach Ost.

2020

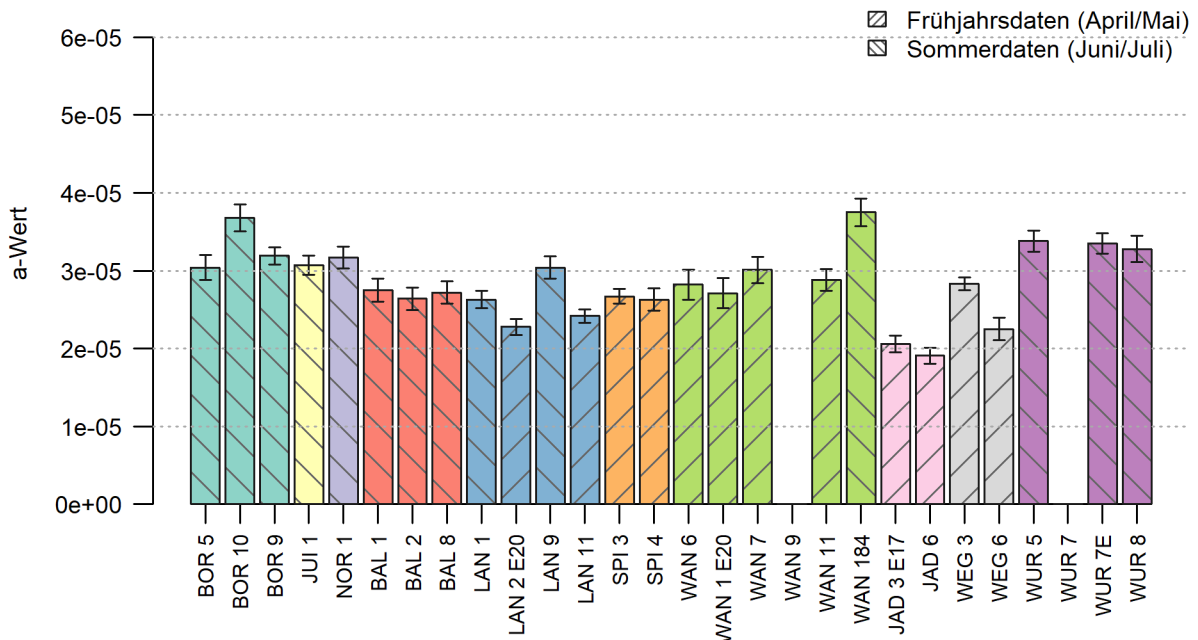


Abb. 6: Konditionswerte (a-Wert ± Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2020. Standorte angeordnet von West nach Ost.

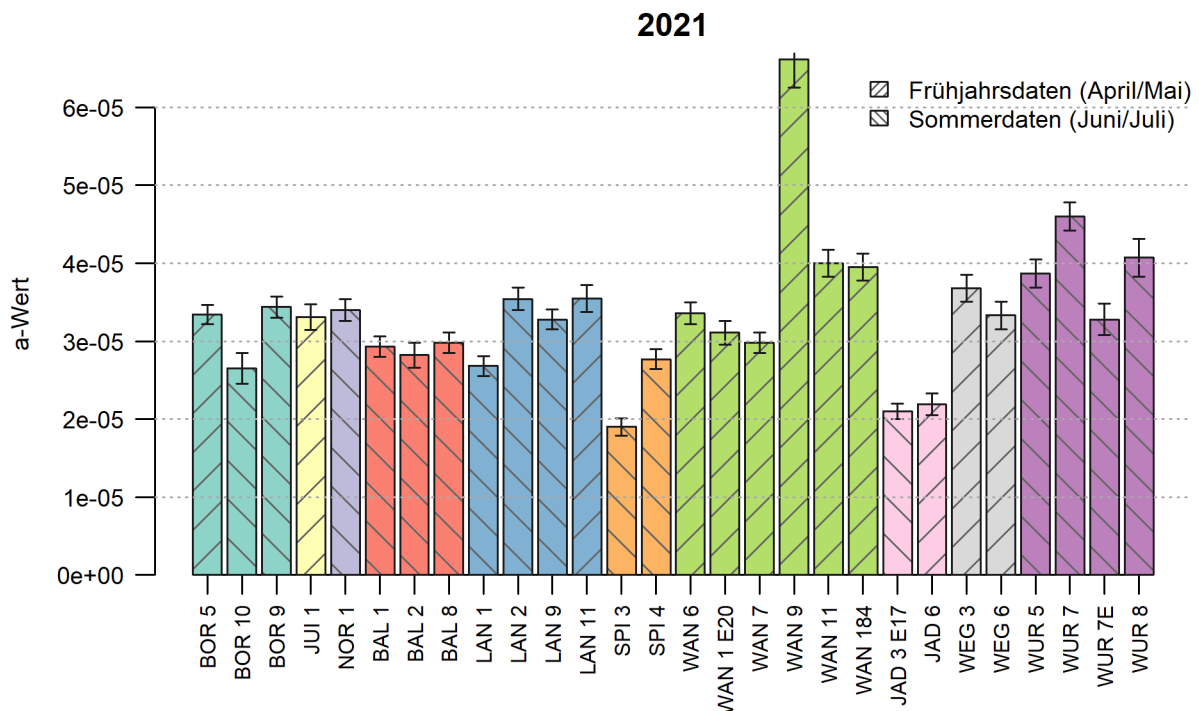


Abb. 7: Konditionswerte (a-Wert ± Stabw) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte im Jahr 2021. Standorte angeordnet von West nach Ost.

Zwischen 2016 und 2021 nahmen die mittleren a-Werte auf den 22 untersuchten Muschelbänken kontinuierlich zu (Abb. 8). Die Werte lagen dabei zwischen $2,33 \cdot 10^{-05} \pm 4,30 \cdot 10^{-06}$ (2016, entspricht 9,3 % des LNG) und $3,23 \cdot 10^{-05} \pm 5,53 \cdot 10^{-06}$ (2021, entspricht 12,9 % des LNG). Die Konditionswerte aller untersuchten Bänke unterschieden sich signifikant zwischen den Untersuchungsjahren (Friedman chi-squared: 46,26; $p < 0,001$). Die Werte, die 2016 auf den Bänken ermittelt wurden, waren signifikant niedriger als die Werte, die 2018, 2019, 2020 und 2021 berechnet wurden. Außerdem wurden 2017 signifikant niedrigere a-Werte festgestellt als 2021.

Die Entwicklung der mittleren a-Werte der 13 in allen Jahren (2012 bis 2021) untersuchten Muschelbänken variierte deutlich zwischen den einzelnen Jahren (Abb. 9). Es wurden Werte zwischen $2,18 \cdot 10^{-05} \pm 3,82 \cdot 10^{-06}$ (2016, entspricht 8,7 % des LNG) und $3,24 \cdot 10^{-05} \pm 6,99 \cdot 10^{-06}$ (2012, entspricht 13,0 % des LNG) ermittelt. Tendenziell nahmen die Werte zwischen 2012 und 2016 ab und seit 2016 wieder zu. Die Konditionswerte unterschieden sich signifikant zwischen den Untersuchungsjahren (Friedman chi-squared: 39,16; $p < 0,001$). Während die a-Werte 2016 signifikant niedriger waren als 2012, 2013 und 2021, waren die Konditionswerte 2017 niedriger als 2020 und 2021 (Abb. 9).

Die Boxplots zur Entwicklung der a-Werte aller untersuchten Miesmuschelbankstandorte zwischen 2012 und 2021 zeigten ein ähnliches Bild (Abb. 10).

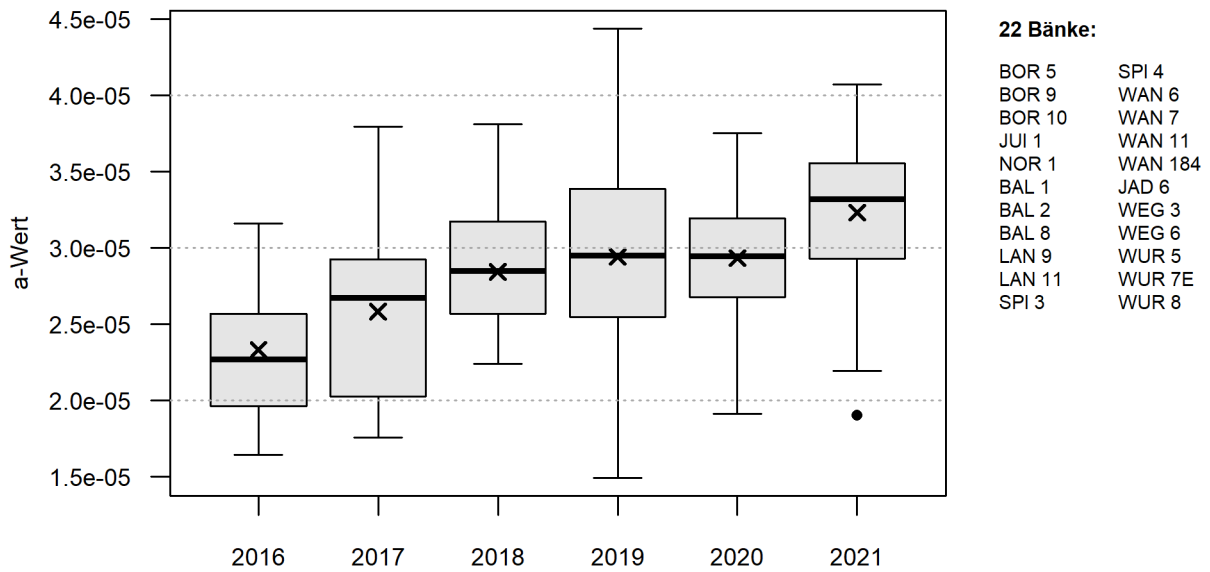


Abb. 8: Boxplots zur Entwicklung der a-Werte der 22 untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in allen Jahren von 2016 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).

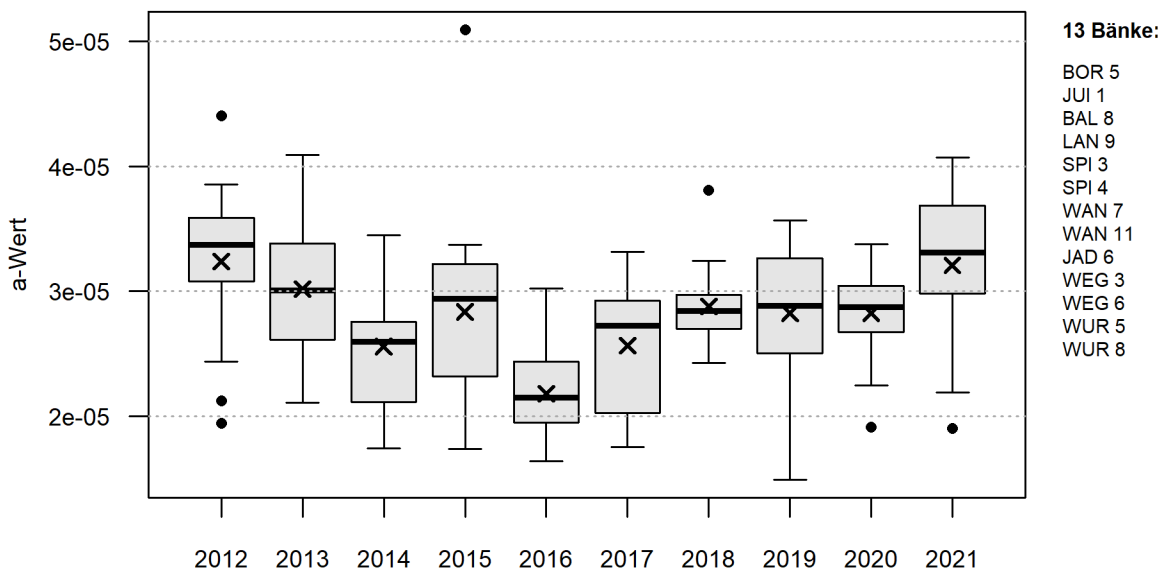


Abb. 9: Boxplots zur Entwicklung der a-Werte der 13 untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in allen Jahren von 2012 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).

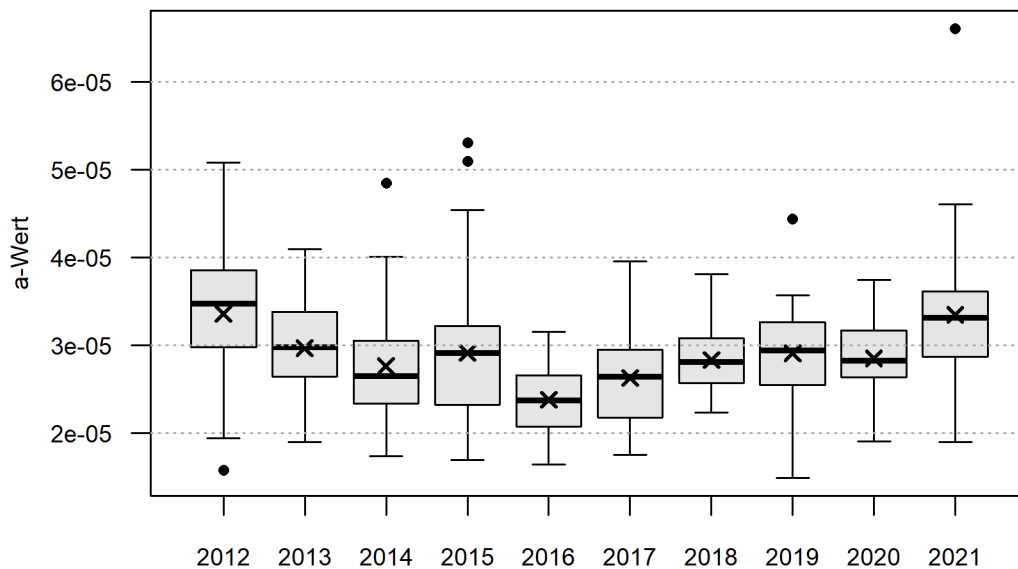


Abb. 10: Boxplots zur Entwicklung der a-Werte aller untersuchten Miesmuschelbankstandorte im niedersächsischen Wattenmeer, die in den Jahren von 2012 bis 2021 beprobt wurden (x = Mittelwert).

3.2 Räumliche Unterschiede der Konditionsdaten

Bezüglich der Kondition der Miesmuscheln konnte kein eindeutiger Zusammenhang mit der Lage entlang der niedersächsischen Küste festgestellt werden. Die Korrelation der in West-Ost-Richtung sortierten Bänke mit dem jeweiligen a-Wert ergab in den meisten Jahren einen leicht abnehmenden Trend (negativer Korrelationskoeffizient) für den West-Ost-Gradienten (Tab. 2). Allerdings waren die räumlichen Korrelationen nicht signifikant ($p > 0,05$). Lediglich im Jahr 2012 wurde eine signifikant negative Korrelation festgestellt, was auf die geringeren a-Werte der Standorte im Jadebusen (JAD) und südöstlich Mellum (WEG) zurückzuführen war.

Tab. 2: Ergebnisse der Korrelation (Spearman's rank correlation) der von West nach Ost geordneten Standorte mit dem a-Wert der Untersuchungsjahre 2012-2021.

Jahr	Korrelationskoeffizient (Rho)	Gültige Fälle	2-seitige Signifikanz
2012	-0,41	24	0,047
2013	-0,29	20	0,220
2014	-0,20	22	0,382
2015	0,30	26	0,135
2016	-0,35	27	0,076
2017	0,19	27	0,353
2018	-0,02	26	0,910
2019	-0,35	26	0,076
2020	-0,07	26	0,727
2021	0,34	28	0,081

Zwischen den einzelnen untersuchten Gebieten zwischen Borkum und Wangerooge (BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI und WAN) wurden im Untersuchungszeitraum ebenfalls keine eindeutigen Unterschiede bezüglich des Fleischgehaltes festgestellt (Abb. 11). Der a-Wert variierte in diesen Bereichen überwiegend zwischen $2 \cdot 10^{-05}$ und $4 \cdot 10^{-05}$ (entspricht einem Fleischgehalt von 8 % bis 16 %). An den Standorten im Jadebusen (JAD) sowie am Standort WEG 6 wurden vergleichsweise niedrige Fleischgehalte (meist < 10 %) festgestellt. Insbesondere zwischen 2019 bis 2021 zeigten die Standorte JAD 3 E17 und JAD 6 deutlich niedrigere Konditionswerte als die meisten übrigen Miesmuschelstandorte (vgl. Abb. 5 bis Abb. 7). Die Standorte westlich der Wurster Nordseeküste (WUR) zeigten eine relativ hohe Variabilität untereinander, waren im Mittel bezüglich des Konditionswertes aber eher vergleichbar mit den Standorten westlich des Jadebusens.

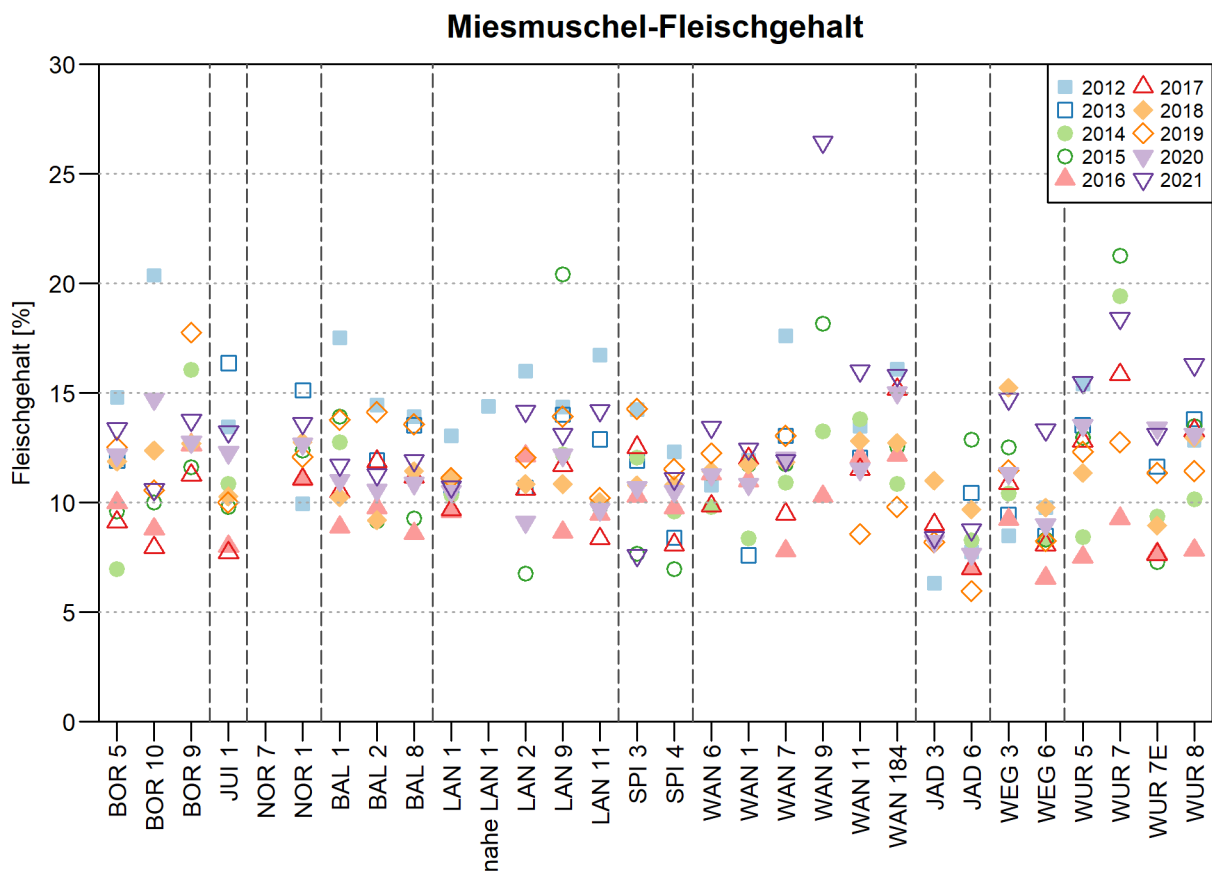


Abb. 11: Mittlerer prozentualer Fleischgehalt pro Jahr der von 2012 bis 2021 beprobten niedersächsischen Miesmuschelstandorte. Standorte angeordnet von West nach Ost. Ersatzbänke: LAN 2: seit 2020 LAN 2 E20; WAN 1: seit 2018 WAN 1 E18, seit 2020 WAN 1 E20; JAD 3: seit 2017 JAD 3 E17.

Bei den Untersuchungen zwischen 2012 und 2021 wurden Unterschiede zwischen den Bänken in den einzelnen untersuchten Gebieten festgestellt (Abb. 12).

Im Bereich südöstlich Borkum (BOR) wurde für den Standort BOR 10 seit 2015 überwiegend ein niedrigerer a-Wert ermittelt als für den nahegelegenen Standort BOR 9 (vgl. Abb. 1).

In den Gebieten südlich Juist (JUI) und südlich Norderney (NOR) wurde jeweils lediglich an einem Standort der Konditionswert bestimmt, wobei der a-Wert am Standort NOR 1 seit 2015 höher ausfiel als am Standort JUI 1.

Im Gebiet südlich und südöstlich Baltrum (BAL) zeigten die einzelnen Standorte überwiegend relativ ähnliche Konditionswerte. Insbesondere zwischen den Jahren 2019 und 2021 wurden kaum Unterschiede zwischen den drei untersuchten Muschelbänken festgestellt.

In den Gebieten südlich und südöstlich Langeoog (LAN) und südlich von Wangerooge und östlich Horemersiel (WAN) waren die Unterschiede zwischen den Standorten in den einzelnen Untersuchungsjahren unterschiedlich stark ausgeprägt. So waren die Konditionswerte der Standorte im Jahr 2018 in beiden Gebieten relativ ähnlich, zeigten aber in den Jahren davor und danach eine deutlich größere Variabilität.

Die Miesmuscheln am Standort SPI 3 südlich Spiekeroog wiesen überwiegend höhere Konditionswerte auf als am Standort SPI 4. In einigen Jahren waren die a-Werte an beiden Standorten allerdings relativ ähnlich.

Im Jadebusen (JAD) fielen die a-Werte vergleichsweise niedrig aus. Auch der Standort WEG 6 zeigte überwiegend niedrige Konditionswerte der Miesmuscheln. Der etwas weiter nördlich gelegene Standort WEG 3 wies hingegen seit 2013 in jedem Jahr höhere a-Werte auf als WEG 6.

Die Miesmuschelkondition an den Standorten WUR 5 und WUR 8 westlich der Wurster Nordseeküste zeigte im Untersuchungszeitraum einen relativ ähnlichen Verlauf. Die a-Werte am Standort WUR 7 fielen hingegen höher aus und zeigten eine relativ große Schwankung zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren. Die niedrigsten Konditionswerte wurden in diesem Bereich am Standort WUR 7E festgestellt.

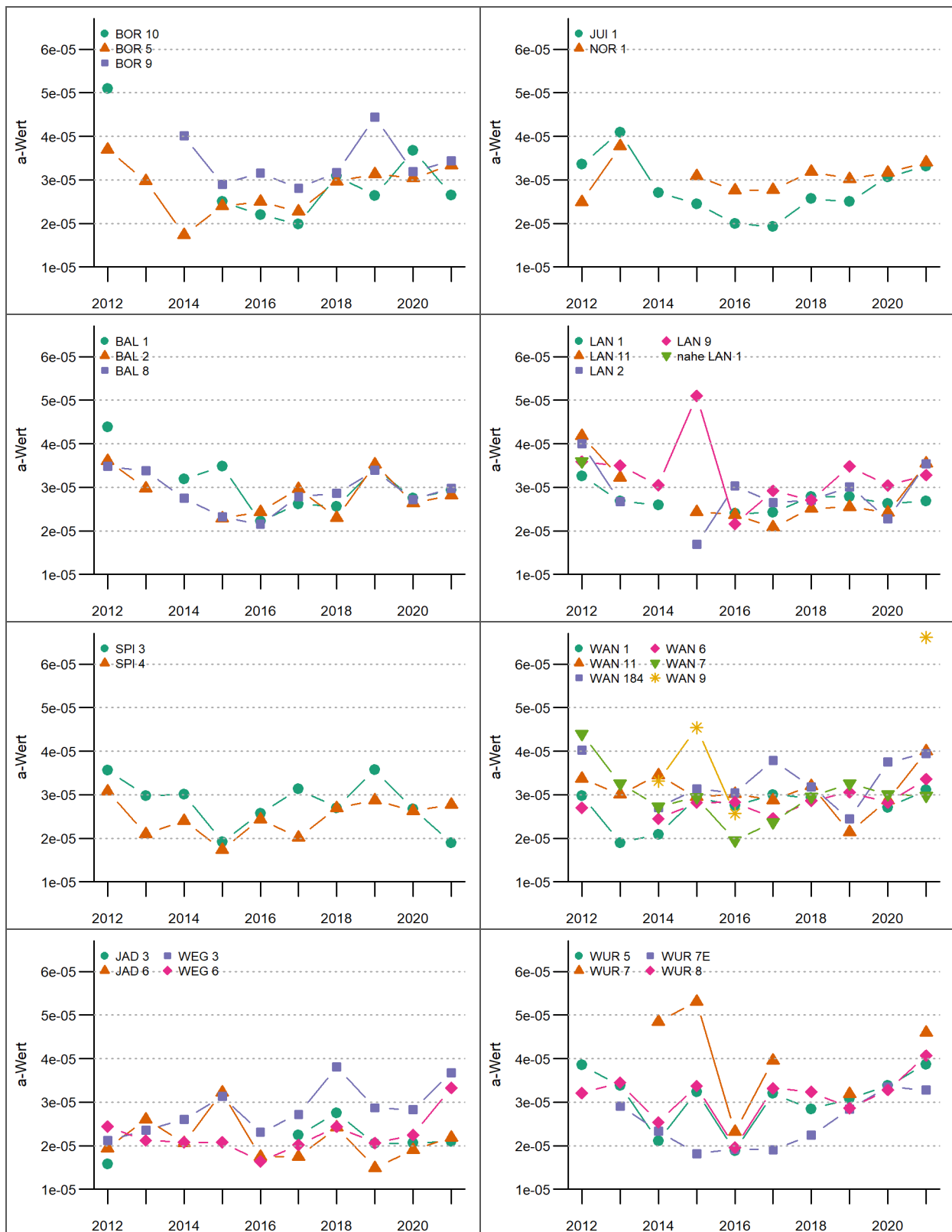


Abb. 12: Entwicklung der Konditionswerte (a-Wert) für die niedersächsischen Miesmuschelstandorte in den Jahren 2012 bis 2021 aufgeteilt nach den Gebieten BOR, JUI & NOR, BAL, LAN, SPI, WAN, JAD & WEG und WUR. Ersatzbänke: LAN 2: seit 2020 LAN 2 E20; WAN 1: seit 2018 WAN 1 E18, seit 2020 WAN 1 E20; JAD 3: seit 2017 JAD 3 E17.

3.3 Fleischgewichte und Dichte der Miesmuscheln

Die zeitliche Entwicklung der mittleren Miesmuscheldichte und des mittleren Fleischgewichtes ist in Tab. 3 dargestellt. Die Werte wurden anhand der zwölf Proben je Bank ermittelt. Das Fleischgewicht der Miesmuscheln ergab sich dabei aus der Länge der Individuen und dem jeweils pro Jahr für die einzelnen Bänke ermittelten a-Wert (siehe Formel zur Längengewichtsbeziehung). Im Jahr 2016 war die mittlere Muscheldichte ca. um das Doppelte höher als in den nachfolgenden Jahren. Das mittlere Fleischgewicht war hingegen 2018 deutlich höher als in den übrigen Jahren.

Im gesamten Untersuchungszeitraum (2016 bis 2021) variierten die Miesmuscheldichte und das Fleischgewicht deutlich zwischen den einzelnen Standorten (Abb. 13 bis Abb. 18).

Die geringste Muscheldichte wurde am Standort LAN 1 mit 221 Ind./m² im Jahr 2018 nachgewiesen und die höchste Dichte (6.290 Ind./m²) im Jahr 2016 am Standort WAN 184.

Während das geringste mittlere Fleischgewicht 2021 mit 88 g/m² am Standort JAD 3 E17 ermittelt wurde, wurde der höchste mittlere Wert 2018 am Standort WAN 1 E18 mit 2.998 g/m² berechnet.

Tab. 3: Miesmuscheldichte [Ind./m²] und Fleischgewicht [g/m²] aller untersuchten Miesmuschelbänke im niedersächsischen Wattenmeer von 2016 bis 2021. Mittelwerte wurden auf Basis der mittleren Dichte pro Bank berechnet. MW: Mittelwert; Stabw.: Standardabweichung; n: Anzahl der untersuchten Bänke.

Jahr	Miesmuscheldichte [Ind./m ²]			Fleischgewicht [g/m ²]		
	n	MW	± Stabw.	n	MW	± Stabw.
2016	28	2.189	1.197	27	841	388
2017	28	1.178	555	27	850	582
2018	27	1.272	492	26	1.266	610
2019	28	930	337	26	618	343
2020	26	1.072	520	25	579	277
2021	28	997	677	27	623	419

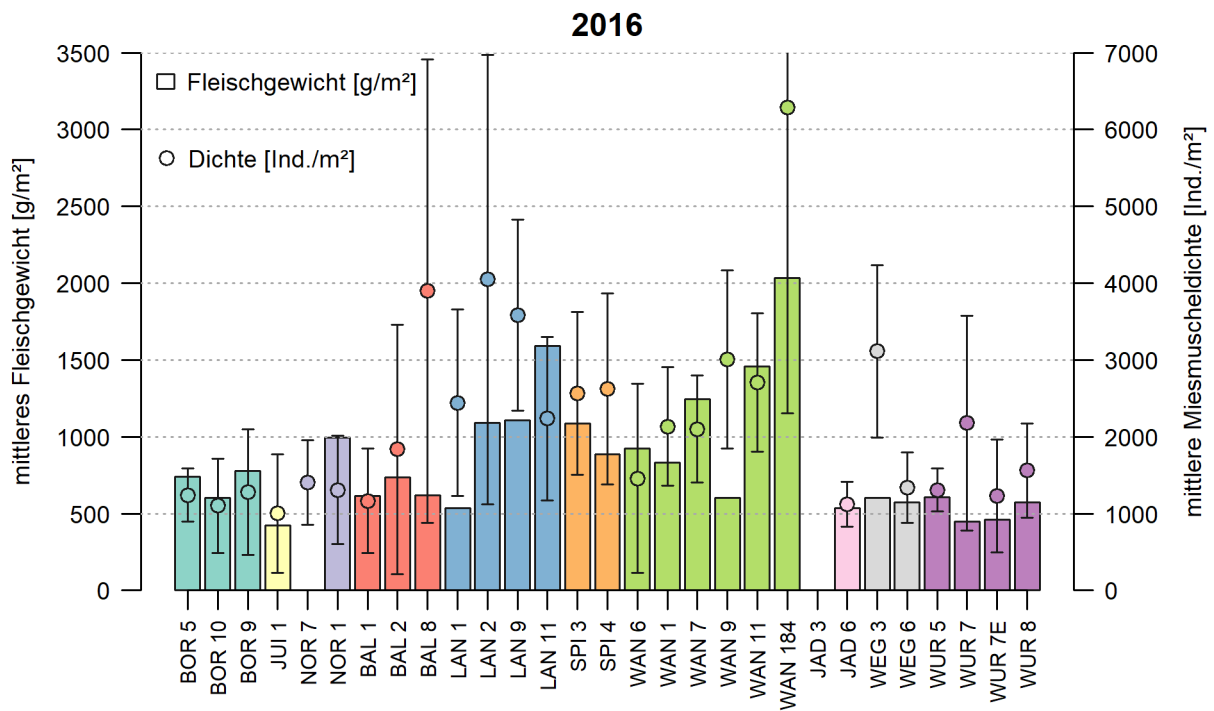


Abb. 13: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2016.

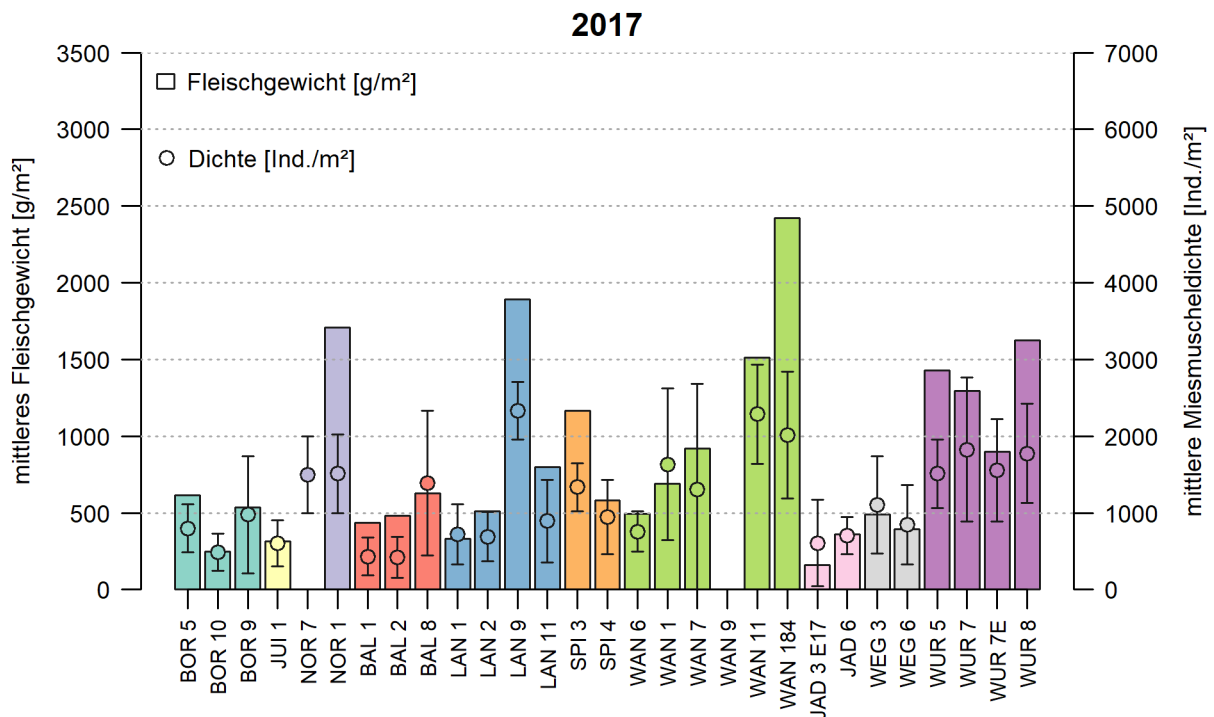


Abb. 14: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2017.

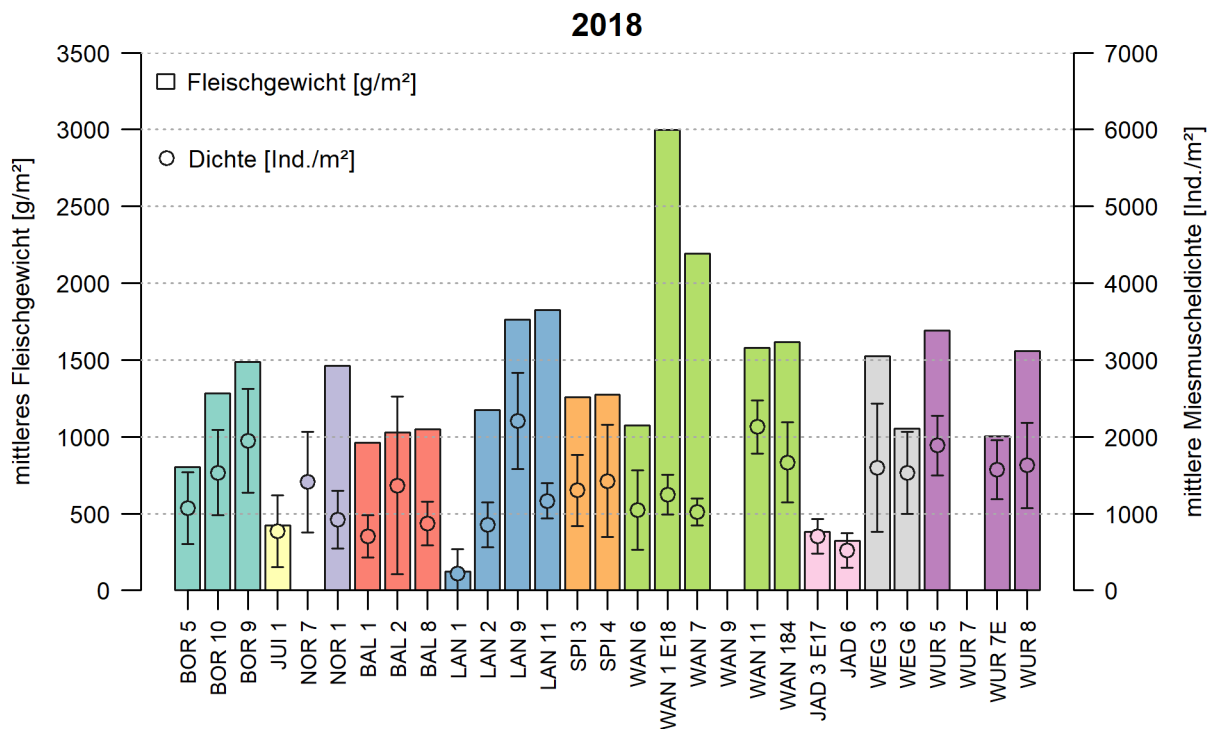


Abb. 15: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2018.

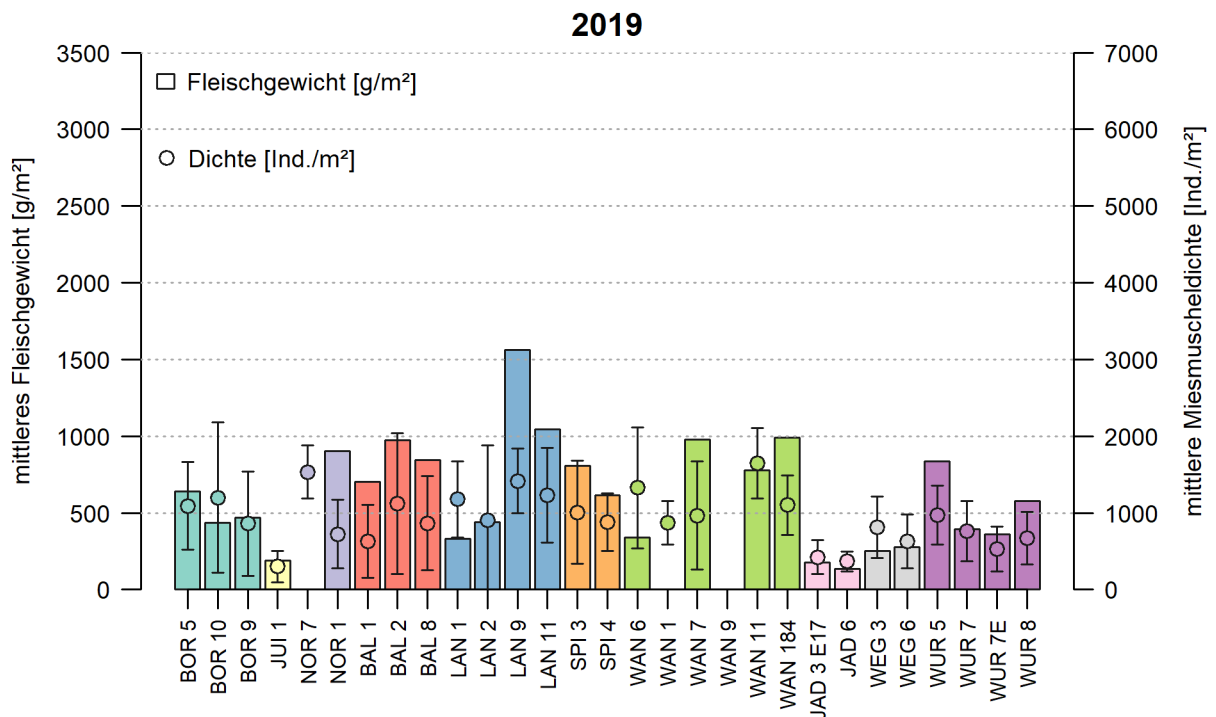


Abb. 16: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2019.

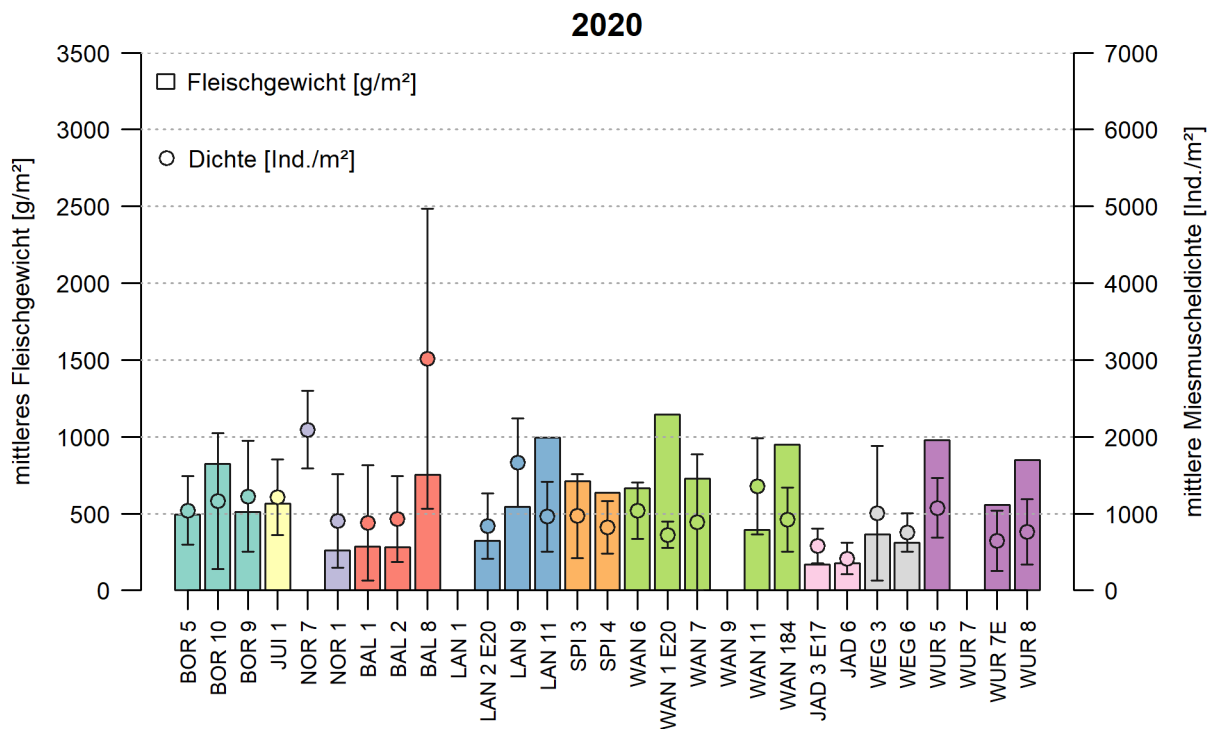


Abb. 17: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2020.

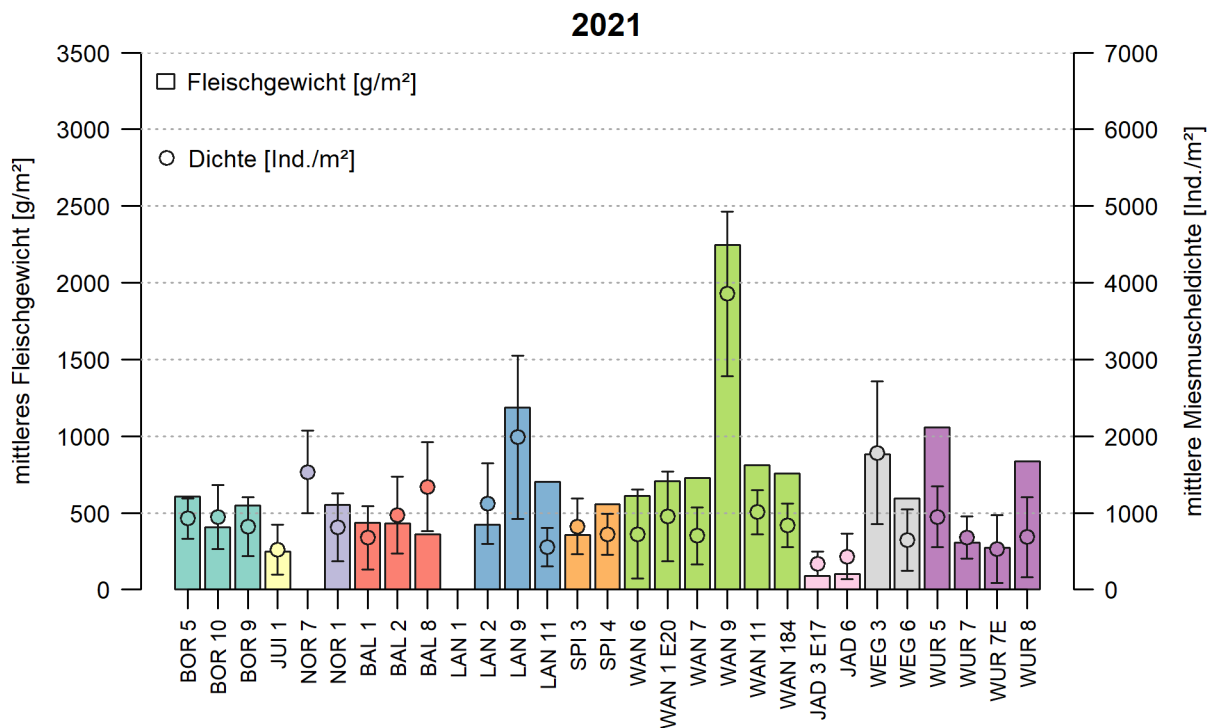


Abb. 18: Mittleres Fleischgewicht [g/m²] und Dichte ± Stabw. [Ind./m²] der Miesmuscheln auf den niedersächsischen Muschelbänken im Jahr 2021.

3.4 Konditionsdaten und Wintertemperaturen

In Abb. 19 ist ein leicht negativer Trend zwischen den Konditionsdaten der Miesmuscheln (a-Werte) und den Lufttemperaturen im Winter zu erkennen. Je höher die Temperaturen waren, desto geringer waren die a-Werte.

Allerdings zeigten die kältesten Wintertemperaturen 2012 / 2013 (2,1 °C) keinen eindeutig positiven Einfluss auf die Konditionswerte im Jahr 2013. Der mittlere a-Wert fiel in diesem Jahr niedriger aus ($2,97 \cdot 10^{-5}$) als nach den wärmeren Wintern 2011 / 2012 (mittlere Wintertemperatur: 3,6 °C; a-Wert: $3,36 \cdot 10^{-5}$) und 2020 / 2021 (mittlere Wintertemperatur: 3,7 °C; a-Wert: $3,35 \cdot 10^{-5}$). Die höchste mittlere Wintertemperatur im Untersuchungszeitraum wurde mit 6,1 °C im Winter 2019 / 2020 dokumentiert. Der niedrigste mittlere a-Wert wurde jedoch 2016 mit $2,38 \cdot 10^{-5}$ ermittelt (mittlere Wintertemperatur 2015 / 2016: 5,2 °C).

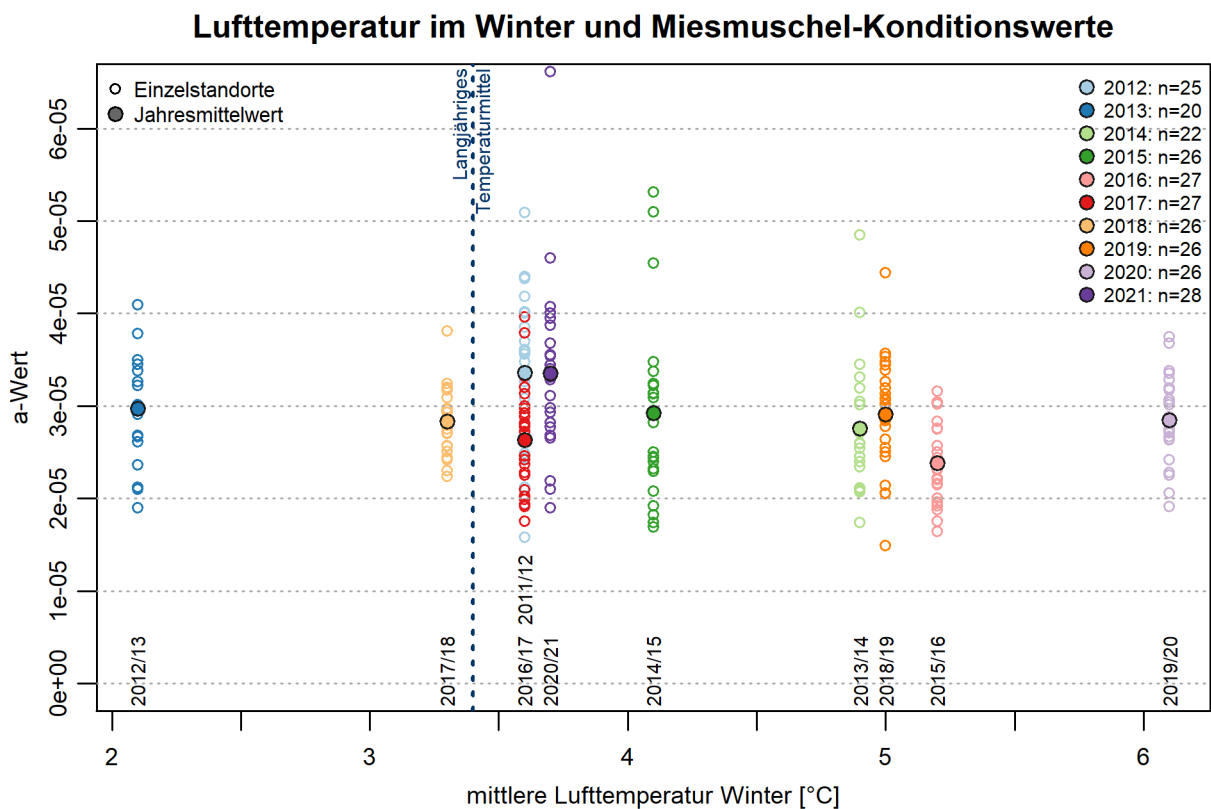


Abb. 19: Verhältnis von Lufttemperaturen [° C] im Winter und Konditionswerten (a-Wert) der Miesmuscheln auf allen untersuchten Muschelbänken im niedersächsischen Wattenmeer von 2012 bis 2021. Die Anzahl der Muschelbänke (n) unterscheidet sich zwischen den Jahren.

Der Vergleich der mittleren Wassertemperaturen im Winter mit den Konditionswerten zeigt ein ähnliches Bild (Abb. 20).

Die höchsten mittleren a-Werte wurden nach den Wintern 2011 / 2012 (mittlere Wintertemperatur 5,3 °C) und 2020 / 2021 (mittlere Wintertemperatur 5,5 °C) dokumentiert. Bei höheren mittleren Wintertemperaturen wurden hingegen niedrigere Konditionswerte ermittelt. Nach dem Winter 2015 / 2016 mit der höchsten mittleren Wassertemperatur (6,8 °C) wurde der geringste mittlere a-Wert festgestellt.

Allerdings zeigte sich auch hier kein eindeutig negativer Trend der Konditionswerte bezogen auf die Wintertemperatur, ähnlich wie beim Vergleich mit den Lufttemperaturen. Nach den drei Wintern mit mittleren Wassertemperaturen unter 5,3 °C wurden geringere mittlere a-Werte festgestellt als 2012 und 2021.

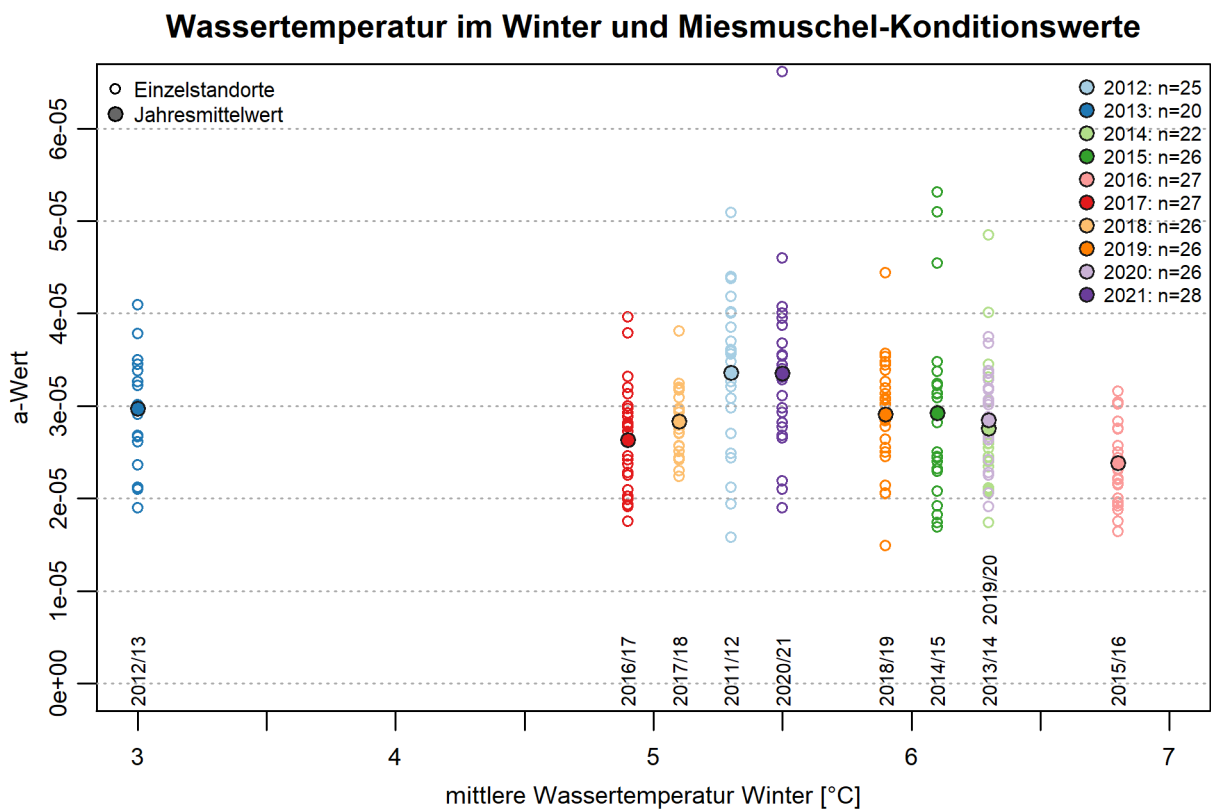


Abb. 20: Verhältnis von Wassertemperaturen [°C] im Winter und Konditionswerten (a-Wert) der Miesmuscheln auf allen untersuchten Muschelbänken im niedersächsischen Wattenmeer von 2012 bis 2021. Die Anzahl der Muschelbänke (n) unterscheidet sich zwischen den Jahren.

4 Diskussion

Zwischen den Untersuchungsjahren 2016 und 2021 wurden sowohl räumliche Unterschiede der Konditionswerte zwischen den einzelnen untersuchten Bänken festgestellt als auch zeitliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. Dabei variierten die Werte zwischen 6 % und 27 % des LNG.

Die zeitlichen Unterschiede zwischen den Jahren waren signifikant (Auswertung von 22 durchgängig beprobten Standorten). Dies war auf einen deutlich geringeren mittleren Konditionswert im Jahr 2016 gegenüber den Folgejahren 2018 bis 2021 zurückzuführen. Auch im Jahr 2017 waren die Konditionswerte signifikant niedriger als im Jahr 2021. Zwischen den Jahren 2018 bis 2021 wurden hingegen keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Allerdings nahm der mittlere Fleischgehalt zwischen 2016 und 2021 kontinuierlich zu.

Zeitliche Unterschiede zwischen den Jahren wurden bereits für die Jahre 2012 bis 2015 festgestellt. Allerdings unterschieden sich die Fleischgehalte hier nicht signifikant voneinander (BÜTTGER & ROSE 2017). Die Auswertung der 13 durchgängig zwischen 2012 und 2021 beprobten Standorte zeigte insgesamt eine Abnahme der Miesmuschelkondition zwischen 2012 (13,0 % des LNG) und 2016 (8,7 % des LNG) und anschließend wieder eine Zunahme, wobei 2021 (12,8 %) im Mittel wieder ein ähnliches Niveau wie 2012 erreicht wurde. Die Konditionswerte waren in diesem Fall im Jahr 2016 ebenfalls signifikant niedriger als in den Jahren 2012, 2013 und 2021.

Saisonale Unterschiede (Probenahme im April/Mai oder Juni/Juli) konnten nicht eindeutig beobachtet werden. Um hier eine Entwicklung der Konditionswerte im Jahresverlauf nachzuweisen, sollte z. B. ein ausgewählter Standort mehrfach im Jahr beprobt werden.

Räumliche Unterschiede zwischen den einzelnen Muschelbänken wurden in allen Untersuchungsjahren beobachtet. Ein eindeutiger Ost-West-Gradient konnte jedoch nicht festgestellt werden. Lediglich im Jahr 2012 wurde eine signifikante Abnahme der Miesmuschelkondition von West nach Ost ermittelt. Dies war auf die geringen Werte der Standorte im Jadebusen (JAD) und südöstlich Mellum (WEG) zurückzuführen (BÜTTGER & ROSE 2017). Dieser Trend konnte in den folgenden Untersuchungsjahren nicht bestätigt werden. Generell konnten für die Standorte in den Gebieten zwischen Borkum und Wangerooge keine eindeutigen Unterschiede festgestellt werden. Die Standorte im Jadebusen (JAD) zeigten insbesondere in den Jahren 2019 bis 2021 deutlich niedrigere Konditionswerte als die meisten übrigen Miesmuschelstandorte. Demgegenüber zeigten die Standorte WAN 9 (südlich von Wangerooge) und WUR 7 (westlich Wurster Nordseeküste) im Mittel die höchsten Werte. Beide Standorte wurden jedoch nicht durchgängig untersucht. Generell wurden im Bereich südlich von Wangerooge und östlich Horumersiel (WAN) im Untersuchungszeitraum 2016 bis 2021 die höchste Miesmuscheldichte (WAN 184, 2016), der höchste a-Wert (WAN 9, 2021) sowie der höchste mittlere Fleischgehalt (WAN 1 E18, 2018) festgestellt. Möglicherweise herrschen in diesem Bereich für die Miesmuscheln besonders gute Bedingungen u. a. bezogen auf Strömungsgeschwindigkeit und Nährstoffverfügbarkeit. Die Kondition der Miesmuscheln ist abhängig von den hydrodynamischen Bedingungen des Meeresbodens, wie der Strömung und der Dauer des Trockenfallens bei Ebbe (FOLMER et al. 2017). Eine zu starke Strömung am Meeresboden verhindert die Entstehung von Muschelbänken. Jedoch ist

ein gewisses Maß an Strömung für die Nahrungsverfügbarkeit notwendig. Die überwiegend geringeren a-Werte und damit schlechtere Kondition der Miesmuscheln im Jadebusen deuten auf generell schlechtere Bedingungen in diesem Bereich im Vergleich zu den anderen untersuchten Gebieten im niedersächsischen Wattenmeer hin.

Zum Teil wurden auch große Unterschiede trotz räumlicher Nähe einzelner Muschelstandorte festgestellt. Neben der Strömungsgeschwindigkeit am Boden beeinflussen auch andere Faktoren wie die Höhe der Muschelstandorte im Watt (beeinflusst die Dauer des Trockenfallens) sowie das Verhältnis von Austern (*Magallana gigas*) zu Miesmuscheln die Kondition der Miesmuscheln. Miesmuscheln und Austern kommen auf den Muschelbänken im Niedersächsischen Wattenmeer häufig zusammen vor und sind Nahrungskonkurrenten. Dabei weisen Miesmuscheln, die weiter unten zwischen Austern wachsen, eine schlechtere Kondition auf als Muscheln, die weiter oben auf der Muschelbank wachsen. Miesmuscheln wandern aufgrund von Fraßdruck nach unten in geschütztere Bereiche zwischen den Austern (schlechtere Kondition und Fertilität, ESCHWEILER & CHRISTENSEN 2011).

Aufgrund des Klimawandels werden sich sowohl die Nahrungsverfügbarkeit als auch der Fraßdruck auf Miesmuscheln ändern (BEUKEMA & DEKKER 2005). Höhere Wassertemperaturen in milden Wintern führen zu einem erhöhten Stoffwechsel der Miesmuscheln in dieser Jahreszeit und folglich zu einer größeren Abnahme des Fleischgehaltes gegenüber kälteren Wintern (HONKOOP & BEUKEMA 1997). Die Daten aus den Jahren 2012 bis 2021 deuten auf einen negativen Einfluss erhöhter Wintertemperaturen auf die Miesmuschelkondition hin. So zeigten sich bei höheren Wintertemperaturen auch geringere a-Werte an den untersuchten Standorten. Im Jahr 2016 wurden durchschnittlich die niedrigsten Konditionswerte ermittelt. Der vorangegangene Winter 2015 / 2016 wies die höchste mittlere Wassertemperatur auf. Jedoch wurden die höchsten Konditionswerte nicht nach den kältesten Wintern festgestellt. Ein einfacher Zusammenhang zwischen den durchschnittlichen Wintertemperaturen ließ sich im Rahmen der Untersuchungen somit nicht feststellen. Vermutlich agieren verschiedene Faktoren des Klimawandels (Veränderungen der Temperatur, Sauerstoffkonzentration und Nahrungsverfügbarkeit) miteinander und können so unterschiedliche Effekte auf die Miesmuschelkondition haben. Untersuchungen von KAMERMANS & SAUREL (2022) zeigten, dass die Temperatur alleine die Effekte bezogen auf die Kondition der Miesmuscheln nicht erklären kann. Daher gibt es möglicherweise keinen klaren Zusammenhang zwischen Temperatur und Kondition. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass es ein Optimum der Wintertemperaturen gibt und dass sich sowohl sehr warme als auch sehr kalte Winter negativ auf die Miesmuschelkondition auswirken. Dies kann anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht abschließend geklärt werden.

5 Literatur

ALBRECHT, A. S. (1998):

Soft bottom versus hard rock: Community ecology of macroalgae on intertidal mussel beds in the Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **229**(1): 85-109.

BEUKEMA, J. J. & R. DEKKER (2005):

Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation on postlarvae and fisheries. *Marine Ecology Progress Series* **287**: 149-167.

BUSCHBAUM, C. & B. SAIER (2001):

Growth of the mussel *Mytilus edulis* L. in the Wadden Sea affected by tidal emergence and barnacle epibionts. *Journal of Sea Research* **45**(1): 27-36.

BUSCHBAUM, C. & B. SAIER (2003):

Ballungszentrum Muschelbank: Biodiversität und nachhaltige Nutzung. *Biologie in unserer Zeit* **33**(2): 100-106.

BÜTTGER, H. & A. ROSE (2017):

Auswertung von Konditionsdaten eulitoralischer Miesmuschelbänke im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Daten 2013-2015. Im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer.

DAVENPORT, J. & X. CHEN (1987):

A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). *Journal of Molluscan Studies* **53**(3): 293-297.

ESCHWEILER, N. & H. T. CHRISTENSEN (2011):

Trade-off between increased survival and reduced growth for blue mussels living on Pacific oyster reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **403**(1): 90-95.

FOLMER, E. O., H. BÜTTGER, M. HERLYN, G. MARKERT, G. MILLAT, K. TROOST & A. WEHRMANN (2017):

Beds of blue mussels and Pacific oysters. Wadden Sea Quality Status Report. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

FOLMER, E. O., J. DRENT, K. TROOST, H. BÜTTGER, N. DANKERS, J. JANSEN, M. VAN STRALEN, G. MILLAT, M. HERLYN & C. J. PHILIPPART (2014):

Large-scale spatial dynamics of intertidal mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the German and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **17**(3): 550-566.

HERLYN, M. & H. MICHAELIS (1993):

Bestandsaufnahme und Populationsbiologie von *Mytilus edulis*: Methoden der quantitativen Erfassung von Miesmuschelvorkommen. Schlussbericht der B-Pilotphase des Teilvorhabens ÖSF Nds. Wattenmeer (unveröff.), 32 S.

HERLYN, M. & H. MICHAELIS (1996):

Untersuchung zur Entwicklung von Miesmuschelbänken der niedersächsischen Watten, unter besonderer Berücksichtigung der Miesmuschelfischerei. Abschlussbericht der A-Hauptphase Teilprojekt A 3.3 des Teilvorhabens ÖSF Nds. Wattenmeer (unveröff.), 91 S.

HERLYN, M. & G. MILLAT (2004):

Wissenschaftliche Begleituntersuchungen zur Aufbauphase des Miesmuschelmanagements im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Abschlußbericht der Niedersächsischen Wattenmeerstiftung, Wilhelmshaven, Germany.

HONKOOP, P. J. C. & J. J. BEUKEMA (1997):

Loss of body mass in winter in three intertidal bivalve species: an experimental and observational study of the interacting effects between water temperature, feeding time and feeding behaviour. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **212**(2): 277-297.

KAMERMANS, P. & C. SAUREL (2022):

Interacting climate change effects on mussels (*Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*) and oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*): experiments for bivalve individual growth models. *Aquatic Living Resources* **35**: 1.

MILLAT, G. & M. HERLYN (1999):

Erfassung und Dokumentation des Miesmuschelbestandes der niedersächsischen Watten sowie Untersuchung und Bewertung alternativer Methoden zur Besatzmuschelgewinnung, Abschlussbericht (unveröff.).

NEHLS, G. (2019):

Die Eiderente - Seevogel des Jahres 2019. Eiderenten und Muschelfischerei im Wattenmeer - Wettlauf um die Miesmuschel? *Seevögel* **40**(1).

REISE, K. & C. BUSCHBAUM (2017):

Muschelbänke in der Unterwasserwelt des Wattenmeeres, WWF Deutschland.

WITTE, S., H. BÜTTGER & G. NEHLS (2013):

Auswertung von Konditionsdaten eulitoraler Miesmuschelbänke im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, 23 S.

6 Anhang

Tab. 4: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2016.
MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.

Standort	Muschel- länge	Fleisch- gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch- gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	•	•	01.06.2016	2,50E-05	1,04E-06	10,0	1.243	345	739	396
BOR 10	•	•	27.05.2016	2,20E-05	9,38E-07	8,8	1.102	613	603	263
BOR 9	•	•	27.05.2016	3,16E-05	1,89E-06	12,6	1.281	819	777	321
JUI 1	•	•	31.05.2016	2,00E-05	1,00E-06	8,0	1.003	774	423	138
NOR 7	•	keine Daten	18.04.2016				1.407	548		
NOR 1	•	•	02.06.2016	2,76E-05	1,02E-06	11,1	1.309	708	995	443
BAL 1	•	•	12.05.2016	2,22E-05	9,11E-07	8,9	1.168	677	614	234
BAL 2	•	•	12.05.2016	2,44E-05	7,16E-07	9,7	1.836	1.623	735	463
BAL 8	•	•	12.05.2016	2,15E-05	9,89E-07	8,6	3.898	3.014	618	266
LAN 1	•	•	13.05.2016	2,40E-05	1,03E-06	9,6	2.444	1.217	536	266
LAN 2	•	•	26.05.2016	3,03E-05	1,19E-06	12,1	4.049	2.923	1.092	505
LAN 9	•	•	11.05.2016	2,16E-05	9,72E-07	8,6	3.583	1.245	1.107	250
LAN 11	•	•	26.05.2016	2,37E-05	1,00E-06	9,5	2.236	1.065	1.593	491
SPI 3	•	•	25.05.2016	2,57E-05	8,05E-07	10,3	2.566	1.062	1.088	412
SPI 4	•	•	25.05.2016	2,44E-05	8,65E-07	9,8	2.622	1.242	885	357
WAN 6	•	•	05.05.2016	2,83E-05	9,60E-07	11,3	1.460	1.230	925	480
WAN 1	•	•	04.05.2016	2,75E-05	8,68E-07	11,0	2.133	771	833	365
WAN 7	•	•	05.05.2016	1,95E-05	6,09E-07	7,8	2.100	697	1.247	331
WAN 9	•	•	04.05.2016	2,57E-05	7,59E-07	10,3	3.008	1.161	603	236
WAN 11	•	•	09.06.2016	3,02E-05	1,21E-06	12,1	2.707	902	1.460	302
WAN 184	•	•	09.06.2016	3,04E-05	1,24E-06	12,2	6.290	3.980	2.034	522
JAD 3	keine Daten	keine Daten								
JAD 6	•	•	10.05.2016	1,75E-05	6,21E-07	7,0	1.121	292	537	121
WEG 3	•	•	02.05.2016	2,31E-05	1,32E-06	9,3	3.112	1.119	604	311
WEG 6	•	•	03.05.2016	1,64E-05	7,88E-07	6,6	1.337	459	575	188
WUR 5	•	•	18.05.2016	1,88E-05	5,72E-07	7,5	1.309	278	609	178
WUR 7	•	•	19.05.2016	2,32E-05	8,53E-07	9,3	2.180	1.397	451	270
WUR 7E	•	•	19.05.2016	1,92E-05	7,50E-07	7,7	1.229	735	459	191
WUR 8	•	•	18.05.2016	1,96E-05	9,45E-07	7,8	1.563	612	575	217

Tab. 5: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2017. * JAD 3 ist erloschen, ab 2017 JAD 3 E17 als Ersatz (nahegelegene neu entstandene Bank).

MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.

Standort	Muschel- länge	Fleisch- gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch- gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	●	●	23.05.2017	2,28E-05	8,56E-07	9,1	800	315	615	417
BOR 10	●	●	22.05.2017	1,99E-05	1,37E-06	7,9	490	241	247	105
BOR 9	●	●	22.05.2017	2,81E-05	1,04E-06	11,2	979	763	537	425
JUI 1	●	●	24.05.2017	1,93E-05	7,78E-07	7,7	603	301	315	229
NOR 7	●	keine Daten	24.04.2017				1.499	503		
NOR 1	●	●	14.06.2017	2,77E-05	1,10E-06	11,1	1.511	513	1.709	600
BAL 1	●	●	31.05.2017	2,62E-05	9,33E-07	10,5	433	250	437	419
BAL 2	●	●	31.05.2017	2,97E-05	2,10E-06	11,9	424	268	483	377
BAL 8	●	●	31.05.2017	2,79E-05	9,60E-07	11,2	1.389	942	628	271
LAN 1	●	●	02.06.2017	2,42E-05	7,96E-07	9,7	720	391	331	167
LAN 2	●	●	05.05.2017	2,65E-05	8,13E-07	10,6	692	319	510	296
LAN 9	●	●	30.05.2017	2,92E-05	1,09E-06	11,7	2.331	377	1.890	415
LAN 11	●	●	08.05.2017	2,09E-05	1,16E-06	8,4	895	537	799	579
SPI 3	●	●	03.05.2017	3,13E-05	1,14E-06	12,5	1.337	314	1.168	313
SPI 4	●	●	03.05.2017	2,02E-05	1,26E-06	8,1	946	487	583	264
WAN 6	●	●	18.05.2017	2,46E-05	1,17E-06	9,8	758	262	493	230
WAN 1	●	●	17.05.2017	3,00E-05	8,43E-07	12,0	1.634	991	690	389
WAN 7	●	●	18.05.2017	2,37E-05	1,06E-06	9,5	1.304	1.376	922	363
WAN 9	keine Daten	keine Daten								
WAN 11	●	●	20.06.2017	2,88E-05	1,06E-06	11,5	2.288	647	1.513	546
WAN 184	●	●	20.06.2017	3,79E-05	1,17E-06	15,2	2.015	824	2.420	656
JAD 3 E17*	●	●	29.05.2017	2,25E-05	1,31E-06	9,0	607	561	160	112
JAD 6	●	●	19.05.2017	1,75E-05	1,30E-06	7,0	706	244	360	121
WEG 3	●	●	16.05.2017	2,72E-05	1,31E-06	10,9	1.106	637	491	250
WEG 6	●	●	15.05.2017	2,02E-05	1,11E-06	8,1	847	514	393	204
WUR 5	●	●	05.07.2017	3,20E-05	1,34E-06	12,8	1.511	449	1.427	581
WUR 7	●	●	06.07.2017	3,96E-05	1,49E-06	15,8	1.827	938	1.297	630
WUR 7E	●	●	06.07.2017	1,91E-05	1,23E-06	7,7	1.558	668	899	365
WUR 8	●	●	05.07.2017	3,32E-05	1,23E-06	13,3	1.775	646	1.626	562

Tab. 6: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2018. * WAN 1 ist erloschen, ab 2018 WAN 1 E18 als Ersatz (nahegelegene neu entstandene Bank). ** LAN 1 stark erodiert. MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.

Standort	Muschel-länge	Fleisch-gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch-gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	●	●	25.05.2018	2,97E-05	1,13E-06	11,9	1.073	468	803	494
BOR 10	●	●	24.05.2018	3,09E-05	1,28E-06	12,3	1.535	553	1.284	304
BOR 9	●	●	24.05.2018	3,17E-05	1,43E-06	12,7	1.949	677	1.489	579
JUI 1	●	●	26.05.2018	2,57E-05	1,38E-06	10,3	772	465	422	220
NOR 7	●	keine Daten	23.04.2018				1.411	653		
NOR 1	●	●	08.05.2018	3,19E-05	8,31E-07	12,8	923	377	1.463	658
BAL 1	●	●	18.05.2018	2,56E-05	8,03E-07	10,3	706	273	960	337
BAL 2	●	●	18.05.2018	2,30E-05	8,03E-07	9,2	1.365	1.155	1.030	512
BAL 8	●	●	22.05.2018	2,86E-05	9,20E-07	11,4	871	281	1.048	492
LAN 1**	●	●	22.05.2018	2,79E-05	8,37E-07	11,2	221	315	124	159
LAN 2	●	●	16.05.2018	2,71E-05	1,38E-06	10,8	852	292	1.173	387
LAN 9	●	●	23.05.2018	2,71E-05	1,10E-06	10,8	2.208	625	1.762	211
LAN 11	●	●	17.05.2018	2,51E-05	7,58E-07	10,1	1.168	233	1.823	389
SPI 3	●	●	15.05.2018	2,70E-05	1,06E-06	10,8	1.304	463	1.259	479
SPI 4	●	●	15.05.2018	2,70E-05	6,74E-07	10,8	1.427	731	1.273	451
WAN 6	●	●	08.06.2018	2,86E-05	1,35E-06	11,4	1.045	518	1.073	422
WAN 1 E18*	●	●	06.06.2018	2,93E-05	1,00E-06	11,7	1.248	257	2.998	370
WAN 7	●	●	07.06.2018	2,96E-05	1,32E-06	11,8	1.022	178	2.192	474
WAN 9	keine Daten	keine Daten								
WAN 11	●	●	09.05.2018	3,20E-05	1,31E-06	12,8	2.128	347	1.579	276
WAN 184	●	●	09.05.2018	3,18E-05	8,18E-07	12,7	1.667	523	1.617	533
JAD 3 E17	●	●	25.06.2018	2,75E-05	1,82E-06	11,0	706	225	382	148
JAD 6	●	●	09.06.2018	2,42E-05	9,42E-07	9,7	523	226	324	123
WEG 3	●	●	05.06.2018	3,81E-05	1,22E-06	15,2	1.596	833	1.527	478
WEG 6	●	●	04.06.2018	2,44E-05	1,03E-06	9,8	1.530	535	1.054	390
WUR 5	●	●	20.06.2018	2,84E-05	1,66E-06	11,4	1.888	390	1.690	318
WUR 7	keine Daten	keine Daten								
WUR 7E	●	●	21.06.2018	2,24E-05	1,24E-06	8,9	1.573	381	1.005	257
WUR 8	●	●	20.06.2018	3,24E-05	1,40E-06	13,0	1.629	557	1.558	376

Tab. 7: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2019. * LAN 1 stark erodiert / rudimentär.

MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.

Standort	Muschel- länge	Fleisch- gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch- gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	●	●	29.04.2019	3,13E-05	1,63E-06	12,5	1.092	574	642	362
BOR 10	●	●	26.04.2019	2,64E-05	1,97E-06	10,5	1.201	980	435	257
BOR 9	●	●	30.04.2019	4,44E-05	2,53E-06	17,8	862	681	469	357
JUI 1	●	●	27.04.2019	2,50E-05	9,90E-07	10,0	301	202	189	169
NOR 7	●	keine Daten	13.05.2019				1.535	347		
NOR 1	●	●	14.06.2019	3,02E-05	1,26E-06	12,1	725	444	901	625
BAL 1	●	●	12.06.2019	3,44E-05	1,86E-06	13,7	631	475	701	413
BAL 2	●	●	12.06.2019	3,53E-05	2,28E-06	14,1	1.121	917	973	421
BAL 8	●	●	11.06.2019	3,39E-05	1,82E-06	13,5	866	611	846	394
LAN 1*	●	●	11.06.2019	2,78E-05	1,79E-06	11,1	1.177	495	331	188
LAN 2	●	●	14.05.2019	3,01E-05	1,85E-06	12,0	904	974	440	259
LAN 9	●	●	13.06.2019	3,48E-05	1,49E-06	13,9	1.417	421	1.561	578
LAN 11	●	●	15.05.2019	2,55E-05	2,15E-06	10,2	1.229	618	1.046	435
SPI 3	●	●	13.05.2019	3,57E-05	2,03E-06	14,3	1.008	670	807	480
SPI 4	●	●	13.05.2019	2,88E-05	1,55E-06	11,5	880	379	617	316
WAN 6	●	●	10.05.2019	3,06E-05	2,07E-06	12,2	1.328	791	341	292
WAN 1 E18	●	keine Daten	11.05.2019				871	280		
WAN 7	●	●	09.05.2019	3,26E-05	2,18E-06	13,0	965	704	980	625
WAN 9	keine Daten	keine Daten								
WAN 11	●	●	24.04.2019	2,14E-05	1,07E-06	8,6	1.648	461	779	178
WAN 184	●	●	03.05.2019	2,45E-05	1,18E-06	9,8	1.102	390	989	381
JAD 3 E17	●	●	23.05.2019	2,05E-05	1,15E-06	8,2	424	223	178	92
JAD 6	●	●	22.05.2019	1,49E-05	9,61E-07	6,0	367	129	138	62
WEG 3	●	●	25.04.2019	2,87E-05	1,31E-06	11,5	815	401	253	321
WEG 6	●	●	08.06.2019	2,06E-05	1,32E-06	8,2	631	350	276	129
WUR 5	●	●	24.05.2019	3,08E-05	1,07E-06	12,3	970	383	835	512
WUR 7	●	●	25.05.2019	3,19E-05	1,25E-06	12,7	763	389	394	441
WUR 7E	●	●	25.05.2019	2,84E-05	1,48E-06	11,4	532	292	359	179
WUR 8	●	●	24.05.2019	2,86E-05	1,01E-06	11,4	669	341	578	272

Tab. 8: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2020. * WAN 1 E18 ist erloschen, ab 2020 WAN 1 E20 als Ersatz (nahegelegene Bank). * LAN 2 stark erodiert, ab 2020 LAN 2 E20 als Ersatz (nahegelegene Bank). * LAN 1 stark erodiert / rudimentär.
MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.**

Standort	Muschel- länge	Fleisch- gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch- gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	●	●	03.06.2020	3,04E-05	1,60E-06	12,2	1.040	445	492	368
BOR 10	●	●	02.06.2020	3,68E-05	1,75E-06	14,7	1.163	884	824	480
BOR 9	●	●	02.06.2020	3,19E-05	1,14E-06	12,8	1.224	722	512	381
JUI 1	●	●	04.06.2020	3,07E-05	1,21E-06	12,3	1.215	490	564	219
NOR 7	●	keine Daten	15.06.2020				2.093	506		
NOR 1	●	●	17.06.2020	3,17E-05	1,38E-06	12,7	904	609	262	227
BAL 1	●	●	12.06.2020	2,75E-05	1,48E-06	11,0	880	747	286	177
BAL 2	●	●	12.06.2020	2,64E-05	1,45E-06	10,6	927	560	280	201
BAL 8	●	●	11.06.2020	2,72E-05	1,42E-06	10,9	3.013	1.951	755	349
LAN 1***	keine Daten	●	11.06.2020	2,63E-05	1,13E-06	10,5				
LAN 2 E20**	●	●	07.05.2020	2,28E-05	1,02E-06	9,1	838	425	323	137
LAN 9	●	●	13.06.2020	3,04E-05	1,46E-06	12,2	1.667	575	544	285
LAN 11	●	●	08.05.2020	2,42E-05	8,62E-07	9,7	960	456	994	387
SPI 3	●	●	06.05.2020	2,67E-05	9,40E-07	10,7	970	548	713	445
SPI 4	●	●	06.05.2020	2,63E-05	1,47E-06	10,5	824	342	636	257
WAN 6	●	●	17.04.2020	2,82E-05	1,97E-06	11,3	1.036	367	664	322
WAN 1 E20*	●	●	18.04.2020	2,71E-05	1,92E-06	10,8	725	172	1.146	646
WAN 7	●	●	16.04.2020	3,01E-05	1,70E-06	12,1	885	884	726	398
WAN 9	keine Daten	keine Daten								
WAN 11	●	●	09.04.2020	2,88E-05	1,42E-06	11,5	1.356	623	392	198
WAN 184	●	●	18.06.2020	3,75E-05	1,75E-06	15,0	923	418	949	575
JAD 3 E17	●	●	05.05.2020	2,06E-05	1,09E-06	8,2	579	226	170	71
JAD 6	●	●	04.05.2020	1,91E-05	1,03E-06	7,6	414	203	176	87
WEG 3	●	●	15.04.2020	2,83E-05	8,39E-07	11,3	1.008	875	366	249
WEG 6	●	●	14.04.2020	2,25E-05	1,44E-06	9,0	753	252	310	184
WUR 5	●	●	15.06.2020	3,38E-05	1,34E-06	13,5	1.073	388	977	458
WUR 7	keine Daten	keine Daten								
WUR 7E	●	●	16.06.2020	3,35E-05	1,32E-06	13,4	645	393	558	324
WUR 8	●	●	15.06.2020	3,28E-05	1,72E-06	13,1	763	422	848	617

Tab. 9: Übersichtstabelle zur Datengrundlage für die Miesmuschelstandorte im niedersächsischen Wattenmeer im Jahr 2021. * für den Fleischgehalt liegt lediglich eine Probe der rudimentären Bank LAN 2 vor.

MW = Mittelwert; Stabw. = Standardabweichung; Blau hinterlegt: Frühjahr; Gelb hinterlegt: Sommer.

Standort	Muschel- länge	Fleisch- gehalt	Datum	a-Wert		Fleisch- gehalt [%]	Dichte [Ind./m ²]		Fleischgewicht [g/m ²]	
				MW	Stabw.		MW	Stabw.	MW	Stabw.
BOR 5	●	●	19.05.2021	3,34E-05	1,23E-06	13,4	927	263	606	309
BOR 10	●	●	06.07.2021	2,65E-05	1,96E-06	10,6	946	415	408	349
BOR 9	●	●	06.07.2021	3,44E-05	1,36E-06	13,7	824	383	548	292
JUI 1	●	●	18.05.2021	3,31E-05	1,63E-06	13,2	523	324	249	165
NOR 7	●	keine Daten	03.05.2021				1.535	538		
NOR 1	●	●	16.06.2021	3,40E-05	1,43E-06	13,6	815	443	552	297
BAL 1	●	●	04.06.2021	2,93E-05	1,32E-06	11,7	678	414	436	242
BAL 2	●	●	04.06.2021	2,82E-05	1,57E-06	11,3	970	500	430	252
BAL 8	●	●	08.06.2021	2,98E-05	1,29E-06	11,9	1.342	580	362	250
LAN 1	keine Daten	●	08.06.2021	2,68E-05	1,30E-06	10,7				
LAN 2 E20*	●	●	01.06.2021	3,54E-05	1,44E-06	14,2	1.125	526	422	285
LAN 9	●	●	05.06.2021	3,28E-05	1,29E-06	13,1	1.987	1.066	1.185	658
LAN 11	●	●	31.05.2021	3,55E-05	1,72E-06	14,2	556	249	704	610
SPI 3	●	●	02.06.2021	1,90E-05	1,11E-06	7,6	824	363	357	178
SPI 4	●	●	02.06.2021	2,77E-05	1,29E-06	11,1	725	267	556	303
WAN 6	●	●	23.04.2021	3,36E-05	1,38E-06	13,4	725	578	611	370
WAN 1 E20	●	●	24.04.2021	3,11E-05	1,51E-06	12,4	956	586	709	553
WAN 7	●	●	23.04.2021	2,98E-05	1,31E-06	11,9	702	371	730	350
WAN 9	●	●	21.04.2021	6,61E-05	3,58E-06	26,4	3.856	1.072	2.247	1.216
WAN 11	●	●	08.05.2021	4,00E-05	1,74E-06	16,0	1.012	289	813	367
WAN 184	●	●	08.05.2021	3,95E-05	1,75E-06	15,8	838	282	758	511
JAD 3 E17	●	●	02.07.2021	2,10E-05	1,02E-06	8,4	339	160	88	81
JAD 6	●	●	30.04.2021	2,19E-05	1,37E-06	8,8	433	298	104	79
WEG 3	●	●	20.04.2021	3,68E-05	1,75E-06	14,7	1.784	927	880	522
WEG 6	●	●	19.04.2021	3,33E-05	1,79E-06	13,3	645	401	595	341
WUR 5	●	●	18.06.2021	3,87E-05	1,82E-06	15,5	951	394	1.057	514
WUR 7	●	●	19.06.2021	4,60E-05	1,78E-06	18,4	678	276	309	206
WUR 7E	●	●	19.06.2021	3,28E-05	2,01E-06	13,1	527	442	273	249
WUR 8	●	●	18.06.2021	4,07E-05	2,40E-06	16,3	687	521	835	570

Tab. 10: Wöchentliche Wassertemperaturen [°C] an der Station Norderney Hafen THW (Nney_W_2) des NLWKN zwischen November und März in den Wintern 2011 / 2012 bis 2020 / 2021 sowie Mittelwert (MW) Minimum (Min) und Maximum (Max) je Winter.

Winter 2011/2012		Winter 2012/2013		Winter 2013/2014		Winter 2014/2015		Winter 2015/2016		Winter 2016/2017		Winter 2017/2018		Winter 2018/2019		Winter 2019/2020		Winter 2020/2021	
Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]	Datum	T [C°]
08.11.11	10,3	05.11.12	7,4	07.11.13	10,3	04.11.14	12,2	02.11.15	9,8	07.11.16	8,5	02.11.17	12,0	05.11.18	8,7	08.11.19	6,5	02.11.20	13,1
15.11.11	5,4	19.11.12	6,2	14.11.13	8,7	11.11.14	9,4	09.11.15	11,9	14.11.16	4,0	06.11.17	10,8	12.11.18	10,0	13.11.19	7,2	12.11.20	9,3
23.11.11	5,2	26.11.12	7,1	19.11.13	8,8	18.11.14	9,3	16.11.15	11,7	21.11.16	6,5	15.11.17	9,2	19.11.18	7,0	18.11.19	7,0	17.11.20	10,2
30.11.11	7,1	03.12.12	4,7	25.11.13	7,2	26.11.14	7,4	23.11.15	8,6	28.11.16	6,4	20.11.17	8,7	26.11.18	5,5	25.11.19	7,0	25.11.20	7,5
07.12.11	6,9	11.12.12	1,9	02.12.13	7,6	03.12.14	4,5	30.11.15	8,2	05.12.16	4,8	27.11.17	7,2	04.12.18	6,0	02.12.19	7,2	02.12.20	4,8
15.12.11	5,8	17.12.12	3,3	09.12.13	7,2	10.12.14	4,9	07.12.15	8,3	14.12.16	6,4	04.12.17	6,8	11.12.18	6,9	09.12.19	6,7	07.12.20	5,5
22.12.11	5,9	27.12.12	4,4	16.12.13	6,4	18.12.14	5,5	14.12.15	7,2	19.12.16	5,8	14.12.17	4,5	19.12.18	3,1	17.12.19	6,0	14.12.20	5,1
29.12.11	6,9	02.01.13	4,9	23.12.13	5,4	22.12.14	7,9	22.12.15	8,3	27.12.16	6,9	20.12.17	5,1	03.01.19	5,5	23.12.19	6,2	21.12.20	6,0
06.01.12	6,9	10.01.13	6,1	30.12.13	5,3	29.12.14	5,3	28.12.15	8,8	02.01.17	5,5	03.01.18	5,0	07.01.19	5,8	30.12.19	4,5	28.12.20	4,8
13.01.12	6,5	14.01.13	2,9	06.01.14	6,5	08.01.15	5,3	11.01.16	3,0	10.01.17	3,2	08.01.18	4,9	14.01.19	5,7	08.01.20	5,6	04.01.21	4,6
20.01.12	4,1	23.01.13	-2,0	13.01.14	5,2	13.01.15	6,5	22.01.16	0,2	16.01.17	2,8	15.01.18	2,7	21.01.19	3,5	13.01.20	5,8	11.01.21	4,3
26.01.12	3,7	31.01.13	2,7	20.01.14	4,9	19.01.15	5,3	25.01.16	4,0	25.01.17	2,2	22.01.18	3,6	28.01.19	2,4	22.01.20	5,7	18.01.21	3,3
30.01.12	1,5	07.02.13	2,3	03.02.14	2,0	26.01.15	4,1	01.02.16	6,8	30.01.17	1,9	30.01.18	5,8	04.02.19	1,8	27.01.20	5,3	26.01.21	4,0
07.02.12	-1,8	14.02.13	-0,1	10.02.14	3,6	02.02.15	4,1	09.02.16	6,4	08.02.17	1,5	05.02.18	3,4	11.02.19	4,8	06.02.20	6,2	01.02.21	1,9
14.02.12	0,5	18.02.13	1,7	18.02.14	5,0	09.02.15	4,4	15.02.16	4,5	13.02.17	0,3	12.02.18	3,5	18.02.19	5,3	10.02.20	7,5	09.02.21	-0,6
21.02.12	2,4	28.02.13	2,2	26.02.14	5,3	16.02.15	3,4	22.02.16	5,6	23.02.17	3,7	19.02.18	2,9	25.02.19	7,0	19.02.20	6,6	17.02.21	1,2
29.02.12	5,0	04.03.13	2,7	04.03.14	6,0	23.02.15	4,2	29.02.16	5,4	28.02.17	4,9	27.02.18	0,6	05.03.19	6,8	24.02.20	6,1	25.02.21	4,4
06.03.12	5,1	14.03.13	1,3	12.03.14	6,3	02.03.15	4,9	07.03.16	5,4	09.03.17	5,0	05.03.18	0,3	11.03.19	7,3	02.03.20	6,0	01.03.21	4,4
14.03.12	7,0	18.03.13	1,5	19.03.14	7,4	09.03.15	5,9	14.03.16	5,4	13.03.17	5,8	12.03.18	3,1	18.03.19	6,8	09.03.20	6,2	11.03.21	-
20.03.12	7,1	25.03.13	-0,8	24.03.14	7,5	17.03.15	5,9	21.03.16	6,7	20.03.17	8,1	20.03.18	2,4	25.03.19	7,9	19.03.20	7,6	15.03.21	5,8
28.03.12	9,1					23.03.15	6,2	29.03.16	7,5	27.03.17	8,1	28.03.18	4,1			23.03.20	5,8	25.03.21	7,5
						30.03.15	6,8									30.03.20	6,9	29.03.21	8,2
MW	5,3	MW	3,0	MW	6,3	MW	6,1	MW	6,8	MW	4,9	MW	5,1	MW	5,9	MW	6,3	MW	5,5
Min	-1,8	Min	-2,0	Min	2,0	Min	3,4	Min	0,2	Min	0,3	Min	0,3	Min	1,8	Min	4,5	Min	-0,6
Max	10,3	Max	7,4	Max	10,3	Max	12,2	Max	11,9	Max	8,5	Max	12,0	Max	10,0	Max	7,6	Max	13,1

Impressum

Zitiervorschlag:

Nestler, S. (2022). Kondition von Miesmuscheln eulitoraler Muschelbänke im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer 2016–2021. Berichte aus dem Nationalpark und der Biosphärenregion Niedersächsisches Wattenmeer 2022–02.

Bilder Umschlag: Titelseite – Miesmuscheln zwischen Pazifischen Austern auf einer eulitoralen Muschelbank (Foto: Dr. Winny Adolph/NLPV Nds. Wattenmeer); Rückseite – Ausschnittsfotos eulitoraler Muschelbänke im niedersächsischen Wattenmeer (Fotos: Dr. Winny Adolph/NLPV Nds. Wattenmeer)

Autorenschaft:

Sabine Nestler
IfaÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH, Alte Dorfstraße 11,
D-18184 Neu Broderstorf, nestler@ifaoe.de

Herausgegeben durch die
Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
Virchowstr. 1, D-26382 Wilhelmshaven
Poststelle@nlpvw.niedersachsen.de
www.nationalpark-wattenmeer.de

Schriftleitung der Berichtereihe: Dr. Rune Michaelis
Ansprechpartnerin für diesen Band: Dr. Winny Adolph



Dieses Werk wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) zur Verfügung gestellt (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>).

Berichte aus dem Nationalpark und der Biosphärenregion Niedersächsisches Wattenmeer 2022–02

ISSN: 2940-8350 (online)

DOI: 10.4126/FRL01-006472553

Wilhelmshaven, Dezember 2023

