

# Anthropogene Effekte auf die Avifauna an Sandstränden der deutschen Ostseeküste

**Marina Manzel**

eingereicht am 04.03.2021

**Erstgutachterin:**

Dr. Jana Wölfel  
Universität Rostock  
Institut für Biowissenschaften  
Lehrstuhl für Ökologie  
Albert-Einstein-Straße 3  
18059 Rostock  
Tel.: +493814986075  
E-Mail: [jana.woelfel@uni-rostock.de](mailto:jana.woelfel@uni-rostock.de)

**Zweitgutachter:**

Prof. Dr. H. Schubert  
Universität Rostock  
Institut für Biowissenschaften  
Lehrstuhl für Ökologie  
Albert-Einstein-Straße 3  
18059 Rostock  
Tel.: +493814986070  
E-Mail: [hendrik.schubert@uni-rostock.de](mailto:hendrik.schubert@uni-rostock.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	I
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	III
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	IV
<b>Zusammenfassung</b> .....	V
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Treibsel .....	2
1.1.1 Einflussfaktoren auf Menge und Zusammensetzungen des Strandanwurfs .....	4
1.1.2 Die Treibselproblematik .....	4
1.2 Anthropogene Nutzung des Strandes .....	6
1.3 Zielsetzung und Fragestellung .....	6
<b>2 Material und Methoden</b> .....	7
2.1 Untersuchungsgebiete .....	7
2.1.1 Allgemeine Einführung .....	7
2.1.2 Zingst .....	10
2.1.3 Haffkrug .....	11
2.1.4 Warnemünde / Diedrichshagen .....	12
2.1.5 Insel Poel und Vogelschutzinsel Langenwerder .....	13
2.2 Erfassung abiotischer Parameter .....	15
2.2.1 Das Habitat Strand .....	15
2.2.2 Sedimenteigenschaften .....	16
2.3 Erfassung biotischer Parameter .....	17
2.3.1 Qualität und Quantität der Treibsel-Biomasse .....	17
2.3.2 Avifauna .....	19
<b>3 Ergebnisse</b> .....	20
3.1 Charakterisierung des Habitats .....	20
3.1.1 Umweltparameter .....	20
3.1.2 Sedimenteigenschaften .....	21
3.1.3 Menge und Zusammensetzung der Biomasse .....	22
3.2 Charakterisierung der Avifauna .....	26
3.2.1 Abundanzen .....	26
3.2.2 Biodiversität .....	26

3.2.3 Abundanz und Verhalten am Spülsaum .....	29
3.2.4 Verhalten gegenüber Reizen.....	31
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>34</b>
4.1 Menge und Zusammensetzung der Biomasse .....	34
4.2 Charakterisierung der Avifauna.....	37
4.2.1 Abhängigkeit der Abundanzen und Biodiversität vom Habitat.....	37
4.2.2 Abhängigkeit der Abundanzen und Biodiversität von potenziellen Futterquellen.....	39
4.2.3 Anthropogene Effekte am Strand .....	40
4.3 Fazit .....	44
<b>5 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>45</b>
<b>6 Anhang</b> .....	<b>A1</b>
6.1 Abkürzungsverzeichnis .....	A1

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Flach- und Steilküsten Mecklenburg-Vorpommerns.....	1
<b>Abbildung 2:</b> <i>Zostera marina</i> am Strand von Warnkenhagen / Brook .....	3
<b>Abbildung 3:</b> Geographische Lage der Untersuchungsgebiete .....	8
<b>Abbildung 4:</b> Untersuchte Strandabschnitte in Zingst .....	10
<b>Abbildung 5:</b> Untersuchter Strandabschnitt in Haffkrug .....	12
<b>Abbildung 6:</b> Untersuchte Strandabschnitte in Diedrichshagen und Warnemünde.....	13
<b>Abbildung 7:</b> <b>a.</b> Geographische Lage des Timmendorfer Strandes auf der Insel Poel, <b>b.</b> Untersuchte Strandabschnitte in Timmendorf.....	14
<b>Abbildung 8:</b> Untersuchter Strandabschnitt auf der Vogelschutzinsel Langenwerder .....	15
<b>Abbildung 9:</b> Neuer und alter Strandanwurf am Timmendorfer Strand .....	18
<b>Abbildung 10:</b> Wetterbedingungen während der einzelnen Untersuchungsintervalle.....	20
<b>Abbildung 11:</b> <b>a.</b> Mittlere Korngrößen der Sedimentproben; <b>b.</b> Wassergehalt der Sedimentproben.....	21
<b>Abbildung 12:</b> Feucht- und Trockengewichte der Biomasse .....	23
<b>Abbildung 13:</b> Trockengewichte der Fauna aller Untersuchungsstandorte .....	25
<b>Abbildung 14:</b> Durchschnittliche beobachtete Individuenzahlen der Vögel pro Stunde ...	26
<b>Abbildung 15:</b> Biodiversitätsberechnungen der Avifauna .....	28
<b>Abbildung 16:</b> Anteil der fressenden Vögel am Spülsaum.....	29
<b>Abbildung 17:</b> Anteile der Individuen von kulturfolgenden bzw. nicht zu den Kulturfolgern zählenden Arten, bei denen Fressverhalten am Spülsaum festgestellt werden konnte, an der Gesamtzahl der fressenden Individuen am Spülsaum .....	30
<b>Abbildung 18:</b> Gesamtzahl der Individuen jeder Art im Vergleich mit der Gesamtzahl der am Spülsaum fressenden Individuen der jeweiligen Art.....	31
<b>Abbildung 19:</b> Reaktionen der bei Reizen anwesenden Individuen .....	32
<b>Abbildung 20:</b> Anteil der vor einem anthropogenen Reiz geflüchteten Individuen an der Menge der beim Reiz anwesenden Individuen .....	32
<b>Abbildung 21:</b> Anteile der geflüchteten Individuen der anwesenden Arten an der Gesamtmenge der beim Reiz anwesenden Individuen der jeweiligen Art .....	33
<b>Abbildung 22:</b> Mittlere Fluchtdistanzen der vor den Reizen geflüchteten Arten .....	33

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> Untersuchungsgebiete im Rahmen des Projektes.....	9
<b>Tabelle 2:</b> Beginn und Ende der Untersuchungen mit den jeweiligen Uhrzeiten der einzelnen Standorte.....	9
<b>Tabelle 3:</b> Klassifizierung mariner Sedimente anhand der mittleren Korngröße.....	16
<b>Tabelle 4:</b> Prozentuale Bedeckung der untersuchten Strände mit Strandanwurf.....	23
<b>Tabelle 5:</b> Vorkommen der verschiedenen Arten von Algen und von <i>Zostera sp.</i> ....	24
<b>Tabelle 6:</b> Vorkommen der Vogelarten an allen Untersuchungsstandorten.....	27

## **Zusammenfassung**

Als wasser- und nährstoffarmes Ökosystem bietet das Habitat Sandstrand nur wenige Möglichkeiten zur Nahrungsaufnahme für die dort lebenden Tiere. Diese beschränken sich häufig auf die Dünen und den Spülsaum, welche jedoch zunehmend durch die verstärkten anthropogenen Aktivitäten am Strand in den letzten Jahren beeinträchtigt werden. Langzeitfolgen hiervon sind derzeit unbekannt. Durch die steigenden Anforderungen der Tourismusbranche werden die meisten touristisch genutzten Strände der deutschen Ostseeküste maschinell bereinigt. Das führt neben einem großen finanziellen und logistischen Aufwand für die zuständigen Gemeinden zu einer Nährstoff-Verarmung des Ökosystems und oft zur Zerstörung des Spülsaums als ein wertvolles Habitat. Dieser wird bei wiederholter Störung nicht mehr von der typischen Invertebraten-Fauna besiedelt, und vielen höheren Organismen des Ökosystems wird die Nahrungsgrundlage entzogen. Um mögliche Auswirkungen dieser Störungen feststellen zu können, dient die Avifauna der deutschen Ostseeküste hier als einfach bestimmbarer und beobachtbarer Indikator.

Die ökologisch anspruchslosen kulturfolgenden Vogelarten, die man meistens an touristisch genutzten Stränden findet, können auf viele Futterquellen zurückgreifen und sind daher nicht vom Spülsaum als einzigen Ort der Nahrungsaufnahme abhängig. Sie finden in anthropogen veränderten Habitaten meist sogar bessere Lebensbedingungen vor als in ihrem natürlichen Habitat. Viele anspruchsvollere Arten werden jedoch häufig in die wenigen geschützten Bereiche zurückgedrängt, da sie neben der Infauna des Spülsaums nur wenige alternative Nahrungsquellen haben. Der Mensch beeinflusst mit seinen Aktivitäten also sowohl das Verhalten der Tiere als auch deren Artzusammensetzung am Strand. Die Ausweisung von Schutzgebieten, aber auch das Unterlassen einer Strandreinigung in bestimmten Strandbereichen könnte sich positiv auf die Avifauna der Strände auswirken, da auch die Kulturfolger von einer reichen Invertebraten-Fauna am Strand profitieren könnten.

## 1 Einleitung

Die Ostsee-Außenküste der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein hat eine Länge von ungefähr 705 km, die Angaben können je nach Autor aber variieren (Aldag, 2018; MELUR-SH, 2013; MLUV-MV, 2009). In Mecklenburg-Vorpommern ist die Küstenlinie 1.945 km lang, davon nimmt die Außenküste 377 km und die Binnenküste der Bodden und Haffe 1.568 km ein; die Außenküste Schleswig-Holsteins ist 402 km lang (Hupfer, 2010). Typische Küstenformationen sind Steilküsten mit vorrangig Kies, Geröll und Steinblöcken im Strandbereich, und Sandstrände. Die Art der Strände wird vor allem durch deren Exposition zu den Strömungsbedingungen und dem Sedimenttransport im Meer bestimmt: während Steilküsten vor allem im Abtragungsbereich zu finden sind, werden in Anlandungsbereichen eher breite Sandstrände gefunden (Abbildung 1). Die Flachküsten der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns sind dabei 237 km lang, die Schleswig-Holsteins 414 km (MLUV-MV, 2009; MELUND-SH, 2014). Insgesamt sind knapp 310 km der deutschen Ostsee-Außenküste als Badestrände ausgewiesen (Mossbauer et al., 2012).

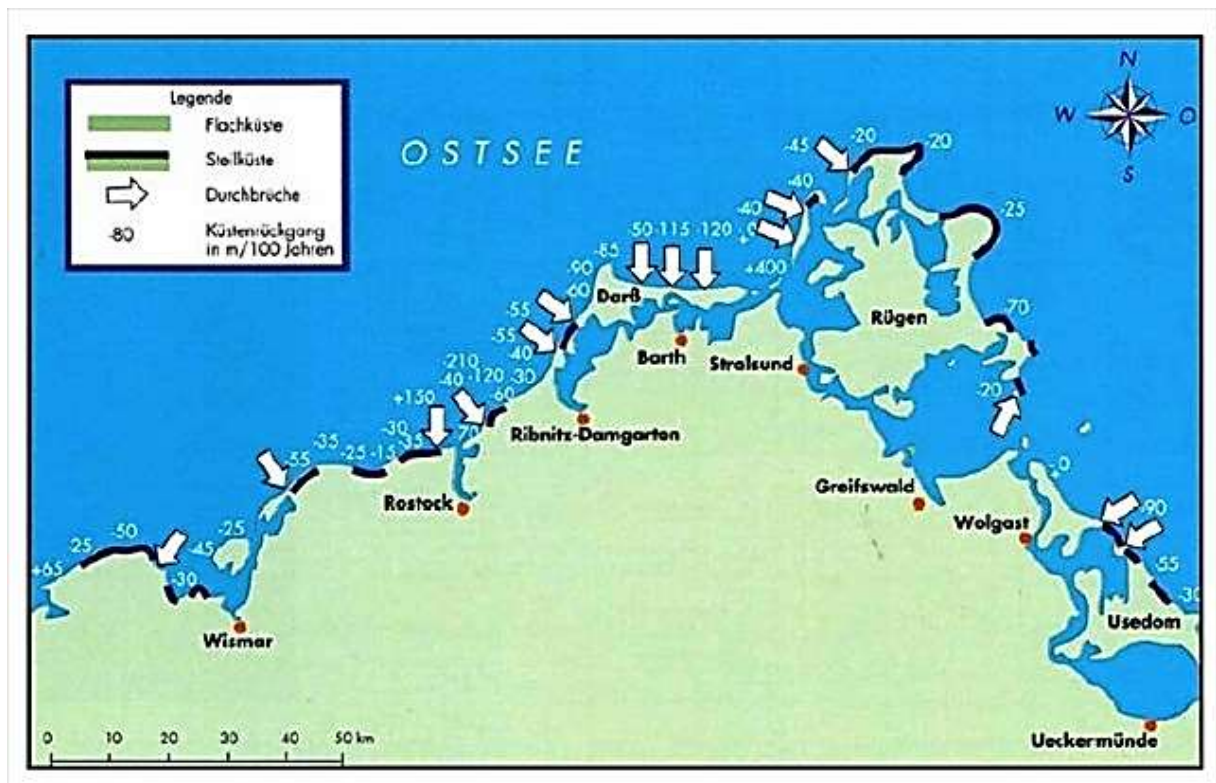


Abb. 1: Flach- und Steilküsten Mecklenburg-Vorpommerns. (Quelle: [https://www.geocaching.com/geocache/GC46PWF\\_kustendynamik-sudostrugen](https://www.geocaching.com/geocache/GC46PWF_kustendynamik-sudostrugen) [Zugriff am 03.02.2021])

Nach Schumacher (2008) kann ein Strand in die Bereiche Schorre (nasser Strand), uferparalleler Strandwall (Schwall und Sog des Wassers alternierend) und trockener Strand

unterteilt werden. Das Ökosystem Strand unterliegt dabei einer hohen Dynamik durch Brandungslängs- und -querströmungen, Wasserstandsschwankungen, in der Nähe mündende Fließgewässer und isostatischen Hebungs- und Senkungsvorgängen der Küste. Aufgrund der Lebensbedingungen (wenig Wasser, viel Salz, kaum Nährstoffe) findet man hier eine stark angepasste Fauna und Flora vor, die in vielen Fällen ausschließlich auf den Strand spezialisiert ist (Schumacher, 2008). Zum Festland hin wird der Strand häufig von Dünen begrenzt (MLUV-MV, 2009), welche ebenso einen Lebensraum für viele spezialisierte Arten bietet. In Deutschland sind daher die Lebensräume „Primärdüne“ (1210) und „Weißdüne mit Strandhafer“ (2120) durch die Fauna-Flora-Habitat-(FFH)-Richtlinie (92/43/Europäische Wirtschaftsgemeinschaft [EWG]) als „natürlicher Lebensraumtyp von gemeinschaftlichem Interesse“ geschützt. (Aldag, 2018) (siehe Abschnitt 4.1).

Der Lebensraum der Fauna und Flora am Strand ist neben der Düne meist auf den Spülsaum direkt an der Wasserlinie begrenzt. Dort erfolgt die Versorgung mit Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor durch allochthonen Nährstoffeintrag durch das Meer, welche am trockenen Strand sonst nur gering vorhanden sind (Hammann & Zimmer, 2013; Schumacher, 2008). Auch der Lebensraumtyp „Einjähriger Spülsaum“ (1210) ist ein geschützter Lebensraum nach FFH-Richtlinie (92/43/EWG). Das organische Material am Spülsaum spielt eine wichtige Rolle in der Nahrungskette des Ökosystems Sandstrand (Aldag, 2018).

## **1.1 Treibsel**

Strandanwurf, regional oft Treibsel genannt, dient neben der Nährstoffversorgung als Habitat für verschiedene Mikroorganismen und Invertebraten und bildet einen Teil der Basis des Nahrungsnetzes am Strand, von welchem auch Küstenvögel profitieren (Mossbauer et al. 2012). Strandanwurf ist definiert als organisches und anorganisches Material, das durch Wind, Wellen und Tiden an den Strand gespült wird und somit die Ökologie des Spülsaumes bestimmt (POSIMA, o. J.). Organisches Material sind dabei meist Teile mariner Lebensformen, an der Ostsee hauptsächlich Seegras und Makroalgen, aber auch Fauna wie Muscheln. Das anorganische Material besteht aus natürlichen Bestandteilen (Steinen, Sand) und oft auch künstlichen (anthropogener Müll) (CONTRA, o. J.).

Treibsel kann weltweit gefunden werden und variiert örtlich und zeitlich stark in seiner Zusammensetzung und Menge (siehe Abschnitt 4.1). An verschiedenen Ostseestränden reichen die Mengen von 57.000-61.000 t Trockengewicht (TG) pro Jahr in Südschweden, über 1.000 t



TG/Jahr auf Saaremaa (Golf von Riga) bis hin zu 160-800 t TG/Jahr in Palanga (Litauen). In Deutschland fallen rund 3.000 t TG/Jahr an (Blidberg & Gröndahl, 2012). Es sind nur wenige internationale Studien dazu zu finden und auch auf nationaler Ebene wurde das Thema der Anlandungsmengen und -zusammensetzungen nur spärlich betrachtet (Mossbauer et al., 2012).

Laut einer Studie von Mossbauer et al. (2012) wurde in einer Umfrage im Jahr 2010 durch das Amt Klützer Winkel zusammengefasst, wie viel Strandanwurf an 23 Stränden der deutschen Ostseeküste zwischen Mai und Oktober weggeräumt wurde. Dabei ergaben sich für westlich gelegene Strände des Untersuchungsgebietes mehr als 1.000 kg Treibselmasse pro Strandmeter, für östlich gelegene Strände waren es bis zu 877 kg pro Strandmeter (siehe Abschnitt 4.1). Durchschnittlich wurden laut dieser Studie somit rund 269 kg Treibsel pro Strandmeter weggeräumt, welches einen Sandanteil von 50-90% enthielt. Daraus ergaben sich rund 26,9-135 kg Biomasse pro Strandmeter, welche circa zu 2/3 aus dem Gemeinen Seegras *Zostera marina* bestand (Abbildung 2).

Auch mit den Jahren schwanken die Treibsel-Mengen oft stark. So wurde beispielweise in Schleswig-Holstein im August 1977 durchschnittlich 1 kg/m<sup>2</sup> an trockener Biomasse gefunden (Grave & Möller, 1982), im August 2012 waren es 3,5 kg/m<sup>2</sup> TG, im August 2013 2,6 kg/m<sup>2</sup> TG (Weinberger et al., 2013 in Weinberger et al., 2020) und im Februar/März 2017 circa 0,9 kg/m<sup>2</sup> TG (Jonassen, 2018).



Abb. 2: *Zostera marina* am Strand von Warnkenhagen / Brook (Lübecker Bucht) (Quelle: Aldag, 2018).

In der pflanzlichen Biomasse werden an der deutschen Ostseeküste neben *Z. marina* häufig Phaeophyceae als der zweite dominante Bestandteil mit der häufigsten Art Blasentag (*Fucus*

*vesiculosus*) im Treibsel gefunden, oft auch andere Arten dieser Gattung (zum Beispiel *F. serratus*). Ein kleinerer Anteil der Biomasse besteht aus Chloro- und Rhodophyceae (zum Beispiel *Ulva lactuca.*, *Cladophora* sp., *Ceramium diaphanum.*, *Polysiphonia* sp.) (Fürhaupter & Meyer, 2015; Schueller & Peters, 1994; Mossbauer et al., 2012 und darin zitierte Quellen).

Auch hier fehlen im deutschen Raum Studien, die sich mit der Quantität und Qualität des Treibselns an verschiedenen Stränden zu verschiedenen Zeitpunkten über mehrere Jahre auseinandersetzen.

### **1.1.1 Einflussfaktoren auf Menge und Zusammensetzung des Strandanwurfs**

Da Treibsel hauptsächlich aus Seegrass und marinen Makroalgen besteht, ist das Substrat und dessen submerser Bewuchs in Ufernähe der jeweiligen Strände für die angespülte Menge entscheidend. Abhängig von hydrodynamischen Faktoren kann das Treibsel sich am Strand akkumulieren; durch Extremwetterereignisse wie Stürme wird dies besonders gefördert. Ebenso beeinflussen nahegelegene Flüsse die Zusammensetzung, welche organische Bestandteile aus dem Landesinneren in die Küstengewässer eintragen können (Mossbauer et al., 2012). Die Menge und Zusammensetzung hängt auch von der Müllbelastung am jeweiligen Ort ab. Außerdem kann Treibsel je nach Wind und Wellengang zurück ins Wasser gespült oder weiter ins Landesinnere getragen werden. (De Falco, 2008; Schumacher, 2008; Suursaar et al., 2014). Auch gelöste Nährstoffe im Wasser, die zu Wassertrübung und geringeren Lichtverhältnissen führen können, können einen großen Einfluss auf die Menge und Zusammensetzung des angespülten Treibselns haben (Feike, 2004; Hammann & Zimmer, 2013; Mossbauer et al., 2013; Otten & Kischkat, 2018).

Das angespülte Material wirkt Erosion und Sandabtrag entgegen, indem es den Sand mechanisch stabilisiert und die Wellenenergie vermindert. *Zostera* sp. kann im Gegensatz zu den meisten Makroalgen länger am Strand verbleiben, da es nicht so schnell zersetzt wird. Weiter im Landesinneren kann es sich so mit Sand vermischen und zur Bildung von Primärdünen beitragen (Ahrendt, 2019; Packschies, 2019) (siehe Abschnitt 4.1).

### **1.1.2 Die Treibselproblematik**

Sandstrände üben jährlich auf mehrere Millionen Urlauber einen großen Reiz aus. Viele deutsche Gemeinden der Ostseeküste sind finanziell vom Tourismus abhängig, der mittlerweile zu einem der bedeutendsten Wirtschaftsfaktoren geworden ist. Übermäßiger Strandanwurf

kann für viele Küstengemeinden zum Problem werden, besonders, wenn diese touristisch stark frequentiert werden (Davenport & Davenport, 2006).

Im angelandeten Treibsel finden bakterielle Zersetzungsprozesse statt; sind die Strandanwurf-Matten sehr dick ausgeprägt, kann es in den unteren Schichten zu anoxischen Bedingungen kommen. Je nach Zusammensetzung des Treibsel, vor allem bei einem hohen Anteil tierischer Bestandteile sowie hohen Makroalgenanteilen, wird durch die Zersetzung unter anderem Schwefelwasserstoff freigesetzt. Dieser wird als unangenehmer Geruch wahrgenommen (Mossbauer et al., 2013; Wiesenmeier et al., 2007). Da die Zersetzung unter warmen Witterungsbedingungen sehr schnell stattfindet, wird sie im Sommer oft zu einem Problem für Strandbesucher (Sterr et al., 2019). Weiterhin empfinden die meisten Strand-Touristen Treibsel als unästhetisch und als ein Hindernis auf dem Weg ins Wasser (Otten & Kischkat, 2018). So gaben 2016 bei einer Gästebefragung entlang der mecklenburgischen Ostseeküste die Mehrheit der Gäste an, dass angespültes Seegras und Algen ihren Aufenthalt negativ beeinflussen würden (~70%) und dass es ihnen wichtig ist, keinen Strandanwurf vorzufinden (~60%) (EUCC-D, 2016).

Daher werden vor allem in touristischen Hotspots die Strände meist maschinell von Biomasse und Müll bereinigt, um diesen Anforderungen der Tourismusbranche gerecht zu werden (Haller et al., 2011). Die Säuberung der Strände erfordert einem großen finanziellen und logistischen Aufwand. Die jährlichen Reinigungskosten können an der deutschen Ostseeküste bis zu 38€ pro Strandmeter betragen (Mossbauer et al., 2012). Bisher gibt es in Deutschland keine einheitliche Förderung und Durchführung dieser Maßnahmen, sodass die Gemeinden diese selbst finanzieren und organisieren müssen (Kühnle, 2011; Wölfel et al., 2019). Dabei fällt Treibsel unter das Abfallwirtschaftsgesetz und muss nach der Aufnahme dementsprechend behandelt und entsorgt werden. Die derzeit bereits teilweise angewandten Verwertungsverfahren haben sich bislang als wirtschaftlich wenig rentabel herausgestellt und sind in ihrer Anwendbarkeit stark von örtlichen Gegebenheiten abhängig (Aldag, 2018). Forschungen auf diesem Gebiet werden also voraussichtlich das Ziel vieler weiterer Projekte sein, wie bereits einige Autoren in ihren Studien betonten; beispielweise in den Reviews über internationale Strandbesucher-Trends von Coombes et al. (2009) oder Ehmer & Heymann (2008) und über Deutschland von der EUCC-D (2016) oder Mossbauer et al. (2012).

Eines dieser Projekte ist das EU-INTERREG-Projekt CONTRA (*Conversion of a Nuisance to a Resource and Asset*; Laufzeit 2019-2021), welches den Rahmen dieser Untersuchungen bildete. Mit CONTRA sollen Informationen über die Ökologie, Beseitigungs- und

Verwertungsmöglichkeiten von Treibsel auf nationaler und internationaler Ebene im Ostseeraum gesammelt und weiterentwickelt werden. Ziel ist es, mehrere Berichte inklusive eines Toolkits zu erstellen, in welchen alle bisherigen Erkenntnisse zusammengefasst werden. Das soll unter anderem den Gemeinden helfen, Naturschutz und Tourismus miteinander verbinden zu können (CONTRA, o. J.; Wölfel et al., 2019).

## **1.2 Anthropogene Nutzung des Strandes**

Neben den maschinellen Reinigungen haben die ständig ansteigenden menschlichen Aktivitäten am Strand und Bebauungen im Umland in den letzten Jahren zur Gefährdung und oft Zerstörung der typischen Flora und Fauna dort geführt (Schumacher, 2008). Neben der Müllbelastung nimmt der Mensch immer mehr Platz ein und wird so zum stärksten Konkurrenten für die natürliche Flora und Fauna des Ökosystems Strand (Schumacher, 2008; Seer et al., 2015). Durch die bloße Anwesenheit der Menschen und ihrer Haustiere sowie die starke Verdichtung der Sedimente, die durch hohe Trittbelastung und maschinelle Strandreinigungen zustande kommt, verändert sich das Ökosystem Strand immer stärker (siehe Abschnitt 4.2.3).

Als einen Aspekt dieser menschlichen Einflussnahmen soll in dieser Arbeit die Entfernung des Treibsel von den Stränden untersucht werden, da durch die bisher spärliche Forschung auf dem Gebiet noch keine Aussagen über ökologische Langzeitfolgen möglich sind (Mossbauer et al., 2012). Da Strandreinigungen in besonders stark besiedelten und hoch frequentierten Gebieten durchgeführt werden, ist hier der menschliche Einfluss vermutlich besonders hoch. Die Vögel nehmen dabei die Rolle der Indikatoren ein, da einfach bestimmt und kurzfristig beobachtet werden können.

## **1.3 Zielsetzung und Fragestellung**

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Bild von den anthropogen verursachten Auswirkungen auf das Ökosystem Sandstrand am Beispiel der dortigen Avifauna zu bekommen. Es werden Daten von durch den Menschen genutzten Stränden mit solchen von ungestörten Stränden miteinander verglichen. Dabei wird besonders erläutert, ob das Vorhandensein von Treibsel als potenzielle Nahrungsquelle einen Einfluss auf vorkommende Arten, die Abundanz und das Verhalten der Tiere hat.

Es soll damit ein Rückschluss auf die Änderung der Biodiversität der Tiere durch anthropogene Effekte gezogen und diese mit einer idealen Avifauna ohne Störungen verglichen werden.

Diese Arbeit stellt eine Kooperation mit Julia Teich dar, in deren Arbeit mit dem Thema „Belastung von Wildtieren durch maschinelle Strandreinigungen“ (Staatsexamensarbeit, Februar 2021) auf weitere Ergebnisse eingegangen wird, die hier wenig oder nicht ausgeführt werden. Die Hypothesen dieser Arbeit lauten:

1. Die Menge und die Zusammensetzung der Biomasse bestimmen die Biodiversität der Avifauna an Stränden.
2. Das Verhalten der Vögel wird nachhaltig durch anthropogene Effekte und Reize beeinflusst.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1. Untersuchungsgebiete**

#### **2.1.1 Allgemeine Einführung**

In den Untersuchungsgebieten sollten bewirtschaftete (maschinelle Strandreinigung) und nicht bewirtschaftete (keine maschinelle Strandreinigung) Strandabschnitte vorhanden sein (siehe Abschnitt 1.3). Es wurden auch zwei durch den Menschen ungestörte Gebiete (Kernzone eines Nationalparks / Vogelschutzgebiet) als Referenzgebiete für einen Vergleich mit einer natürlichen Küsten-Avifauna festgelegt, von denen letztlich eines in die Untersuchungen mit einbezogen wurde (siehe Abschnitt 2.1.2 und 2.1.5).

Für eine gute Vergleichbarkeit sollten die Strände (Sedimentbeschaffenheit, küstennahe Strömungsbedingungen) sowie das Hinterland (Vegetation) ähnliche Bedingungen aufweisen. Weiterhin sollte es sich um anthropogen stark beeinflusste Sandstrände in der Nähe von hoch besiedelten Gebieten handeln. Strände vor Steilküsten wurden ausgeschlossen, da diese den Zugang zum Strand für Menschen erschweren und nicht die bevorzugt touristisch genutzten Gebiete an der Ostsee darstellen (Haller et al., 2011; Aldag, 2018). Die touristisch genutzten Untersuchungsgebiete wiesen unterschiedlich große Mengen an Strandanwurf auf, um das Verhalten und die Abundanz der Vögel hiermit in Beziehung setzen zu können.

Eine Ausnahme bildete das mit einbezogene Referenzgebiet, die Vogelschutzinsel Langenwerder (siehe Abschnitte 2.1.5). Sie wird im Allgemeinen nur von Mitarbeitern des Vereins Langenwerder zum Schutz von Wat- und Wasservögeln e.V. im Rahmen von Monitoring-Arbeiten betreten und nicht bewirtschaftet. Der untersuchte Strand auf der Insel befindet sich etwas entfernt zu einem stark besiedelten Gebiet und hat kein bewaldetes Hinterland.

Die vorab gewählte Länge jedes untersuchten Abschnittes betrug 100 m, zur Erfassung eines möglichst großen Teils des Strandes. Dies stellte auch eine gute Vergleichbarkeit mit den gleichzeitig stattfindenden, internationalen avifaunistischen Studien im Rahmen von CONTRA (siehe Abschnitt 1.1.2) sicher. Die Breite jedes Strandes wurde von der geschätzten mittleren Wasserlinie bis zum Dünenfuß in Metern gemessen.

Die Monate Juli und August wurden gewählt, da diese die Hauptsaison für den Tourismus und für die Strandreinigungen darstellen. Viele Strände werden in den Wintermonaten nicht gereinigt und kaum von Touristen besucht (Jensen, 2017).

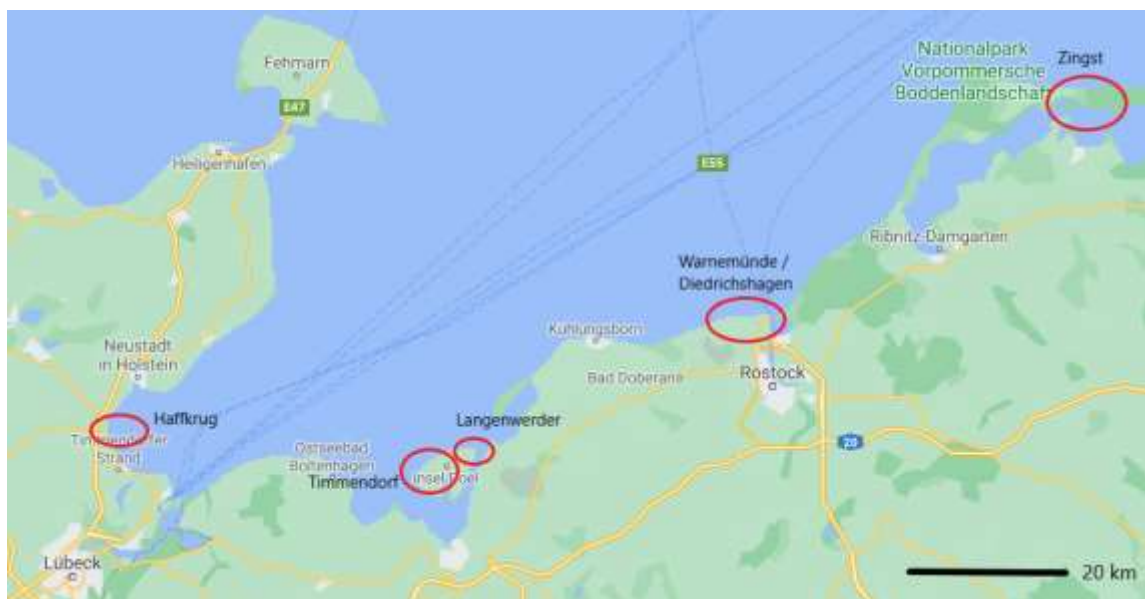


Abb. 3: Geographische Lage der Untersuchungsgebiete. Diedrichshagen und Warnemünde werden in der Auswertung als ein Untersuchungsgebiet behandelt (verändert nach: <https://www.google.de/maps/@53.870064,12.2868439,7.97z> [Zugriff am 14.01.2021]).

Pro Standort wurden Untersuchungen in je zwei Zweierteams (insgesamt vier Personen) an zwei bis vier Tagen durchgeführt. Folgende Personen waren neben der Autorin daran beteiligt: Julia Teich (Lehramtsstudentin der Biologie und Philosophie, 10. Semester, Universität Rostock, Ausfertigung ihrer Staatsexamensarbeit), Jakob Kienzler und Nelly Bimberg (Studierende im Bachelor der Biowissenschaften, Universität Rostock, 4. Semester).

Somit fanden an vierzehn Tagen Studien in fünf verschiedenen Untersuchungsgebieten statt (Abbildung 3, Tabelle 1).

Tab. 1: Untersuchungsgebiete im Rahmen des Projektes. GPS-Gerät: GPSmaps 64s (Garmin Europe Ltd., Southampton, Großbritannien). b. – bewirtschaftet, n. b. – nicht bewirtschaftet, R. – Referenzgebiet.

Datum	Strandabschnitt	GPS-Koordinaten – Anfang	GPS-Koordinaten - Ende
22.-25.07.2020	Zingst b.	54°26'36.6"N / 12°39'16.6"O	54°26'36.1"N / 12°39'22.6"O
22.-25.07.2020	Zingst n. b.	54°26'51"N / 12°37'48"O	54°26'50"N / 12°37'53"O
17.08.2020	Haffkrug b.	54°02'27"N/10°45'02"O	54°02'24"N/10°45'03"O
23.08.2020	Haffkrug n. b.	54°02'27"N/10°45'02"O	54°02'24"N/10°45'03"O
19. & 21.08.2020	Warnemünde b.	54°10'46.6"N 12°04'25.9"O	54°10'47.7"N 12°04'30.6"O
20. & 24.08.2020	Diedrichshagen b.	54°10'34.7"N 12°01'42.4"O	54°10'35.0"N 12°01'36.8"O
25. & 27.-29.08.2020	Timmendorf b.	53°59'49"N/11°22'30"O	53°59'46"N/11°22'36"O
25., 27.-28.08.2020	Timmendorf n. b.	54°00'00"N/11°22'59"O	53°59'58"N/11°22'59"O
25. & 29.08.2020	Langenwerder R.	54°01'54.2"N/11°29'44.3"O	53°59'58"N/11°23'11"O

Tab. 2: Beginn und Ende der Untersuchungen mit den jeweiligen Uhrzeiten der einzelnen Standorte Die Studien fanden an vier Tagen in Zingst, an vier Tagen in Warnemünde/Diedrichshagen, an zwei Tagen in Haffkrug, an vier Tagen in Timmendorf und zeitgleich an zwei Tagen in Langenwerder statt.

Tag	b.				n. b.			R.
	Zingst	Warnemünde / Diedrichshagen	Haffkrug	Timmen- dorf	Zingst	Haff- krug	Timmen- dorf	Langen- werder
1	5:05- 07:30	08:10- 10:50	05:00- 07:00 (+ Reinigung)	06:48- 07:49	05:00- 07:35	-	n.g.	06:52- 09:16
2	04:37- 07:37 (+ Reinigung)	07:48- 10:45	-	06:15- 06:35	04:22- 07:22	05:30 - 07:30	06:15- 07:19	-
3	05:32- 07:54	08:13- 10:40	-	06:10- 08:01 (+ Reinigung)	05:30- 07:15	-	06:18- 07:52	-
4	05:19- 07:50	08:00- 10:56	-	05:56- 07:40	05:25- 07:57	-	n.g.	06:20- 08:23

Die Untersuchungen begannen am frühen Morgen (Tabelle 2), um Änderungen in den Abundanzen der Tiere im Hinblick auf Strandreinigungen und steigende Besucherzahlen am Strand mit der Zeit feststellen zu können. Außerdem erfolgt die Nahrungsaufnahme der Tiere normalerweise am Morgen (mündliche Mitteilung durch Dirk Brenner, Verein Langenwerder

zum Schutz von Wat- und Wasservögeln e.V.) und so konnte das Treibsel hinsichtlich seiner Nutzung als Nahrungsquelle bewertet werden. In Warnemünde / Dierichshagen fanden die Untersuchungen später statt, da hier aufgrund der nicht stattfindenden Strandreinigungen der Fokus auf die Besucherzahlen gelegt wurde; der Zeitrahmen wurde so gewählt, dass sich eine höhere erwartbare Anzahl an Gästen am Strand befinden würde. Der Untersuchungszeitrahmen umfasste zwei bis vier Stunden, abhängig davon, ob Reinigungsaktivitäten stattfanden, welche einen längeren Zeitraum benötigten.

### 2.1.2. Zingst

Das Untersuchungsgebiet Zingst befindet sich zwischen zwei Abschnitten des Nationalparks „Vorpommersche Boddenlandschaft“ (Abbildung 3). Die Zingster Ostseeküste hat eine Länge von ca. 9 km und ist durchschnittlich 15-20 m breit (Wasserkante bis Dünenfuß) (Jarick & Wieland, 2016). Aufgrund der Exposition nach Norden und dem Schutz der Landzunge des Darßer Orts im Nordwesten des Nationalparks ist Zingst vor den in der Region häufigen Westwinden geschützt und stellt ein Gebiet mit wenig erwartbarem Strandanwurf dar (Bürger, 2003; Sterr et al., 2019). Dennoch wird der sogenannte „Kurstrand“ zwischen den Strandaufgängen 11 bis 15 mit einer Länge von ca. 1 km nach Bedarf maschinell beräumt, wobei ein Traktor (Modell: Case-IH MXU 110) mit einem Anhänger der Marke BeachTech 3000 der Firma Kässbohrer Geländefahrzeug AG (Beach Cleaner) zum Einsatz kommen (Jarick & Wieland, 2016; Kur- und Tourismus GmbH Zingst, 2019).

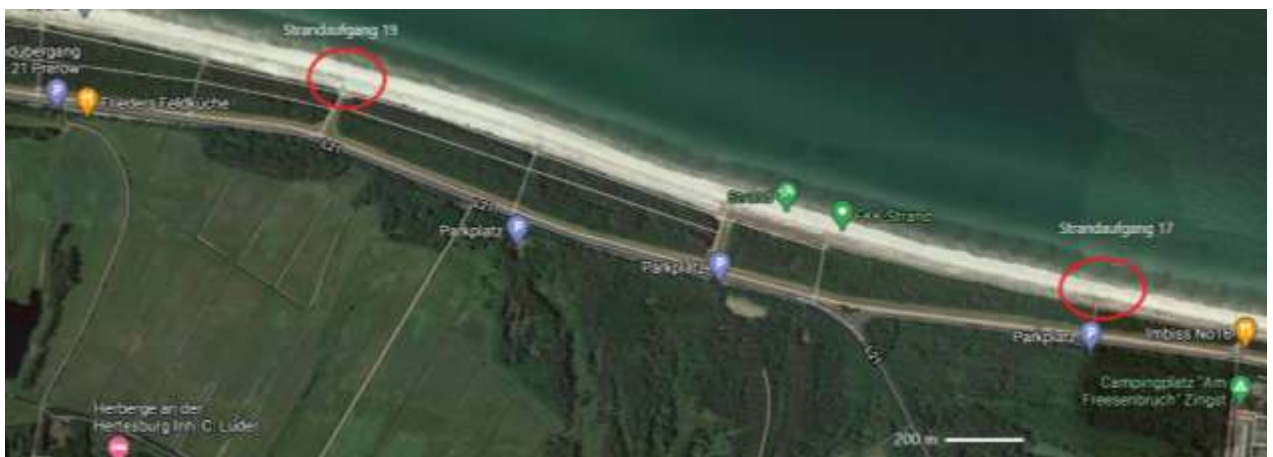


Abb. 4: Untersucher bewirtschafteter (rechts, Strandaufgang 17) und nicht bewirtschafteter (links, Strandaufgang 19) Strandabschnitt in Zingst (verändert nach <https://www.google.de/maps/@54.4455368,12.6357048,2006m/data=!3m1!1e3> [Zugriff am 16.12.2020]).

Der Darßer Ort wurde als Referenzgebiet festgelegt. Jedoch war während der Untersuchungen ein Betreten der Kernzone des Nationalparks aufgrund noch brütender Vögel trotz vorher



erteilter Genehmigung nicht zugelassen. Im Nationalpark reicht der einzig verbliebene einsehbarer Bereich bis an den touristisch genutzten Abschnitt des Weststrandes heran, wodurch eine Scheuchwirkung auf die Vögel bis hinter den Zaun bemerkbar ist (mündliche Mitteilung durch Sabrina Haufe, Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft). Deshalb wurden in Zingst nur ein bewirtschafteter mit einem nicht bewirtschafteten Strandabschnitt verglichen (Abbildung 4).

### **2.1.3 Haffkrug**

Der Untersuchungsstandort Haffkrug liegt in der Lübecker Bucht (Abbildung 3). Dort fanden durch die schwere logistische Erreichbarkeit nur zwei Untersuchungen statt (Tabelle 2). Der Strand in Haffkrug ist ungefähr 2 km lang (<https://www.luebecker-bucht-ostsee.de>).

Aufgrund der großen Mengen an Strandanwurf werden die Strände regelmäßig gereinigt. Laut eigener Angabe (auf <https://www.luebecker-bucht-ostsee.de>) wird der Strandabschnitt zwischen Sierksdorf und Scharbeutz mit einer Länge von 11 km ab den ersten Ferien im Frühjahr gereinigt (meistens März oder April). Die erste Reinigung im Jahr ist eine Generalreinigung, danach wird am Wochenende maschinell gereinigt und die restliche Zeit sowie zwischen den Strandkörben händisch. Während der Hauptsaison im Juli und August finden nach Bedarf unter der Woche Reinigungen statt. Für die maschinelle Reinigung werden Traktoren (Hersteller: Claas Axion) mit Forke und Kippanhänger benutzt (Schleswig-Holstein Magazin, 2020). Ab Oktober erfolgt die Reinigung wie im Frühjahr; im Winter wird nicht gereinigt. Da meist keine tägliche Reinigung stattfindet, konnten am gleichen Standort Tage mit Reinigung mit solchen ohne verglichen werden, wobei immer der gleiche Standort betrachtet wurde (Abbildung 5), weshalb Haffkrug dennoch in einen bewirtschafteten und einen nicht bewirtschafteten Abschnitt unterteilt wird.

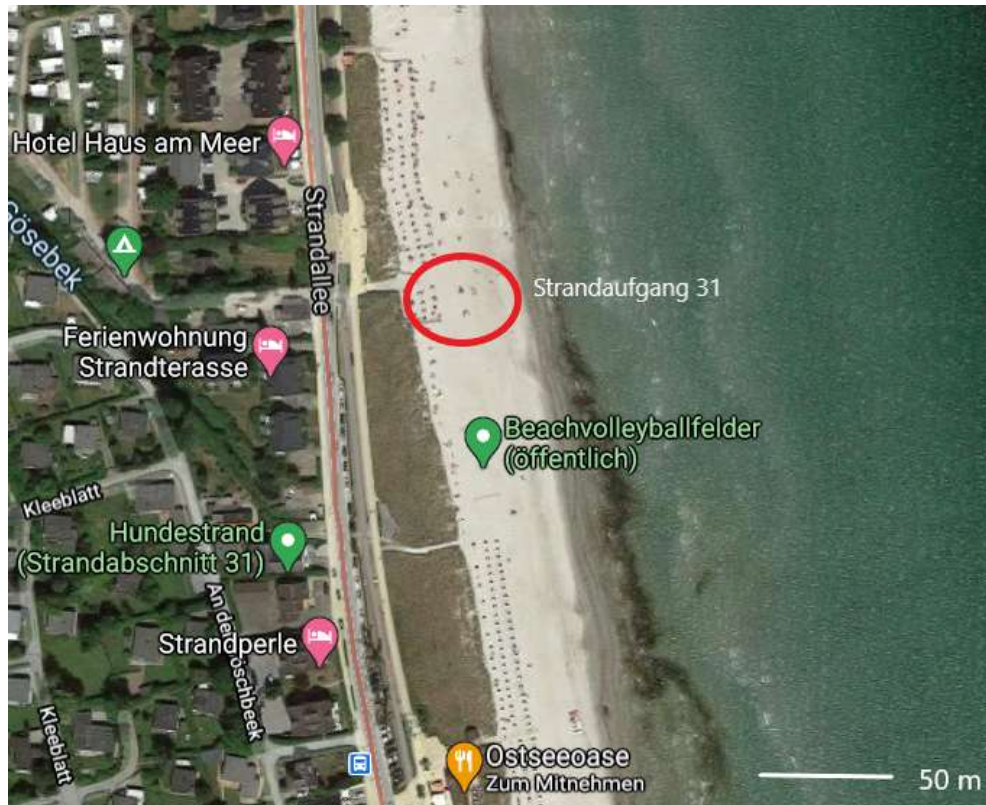


Abb. 5: Untersucher Strandabschnitt in Haffkrug (Strandaufgang 31) (verändert nach: <https://www.google.de/maps/place/Ferienwohnung+Strandterasse/@54.039725,10.7500663,802a,35y,350.13h/data=!3m1!1e3!4m8!3m7!1s0x47b2740260e7287b:0xdd6fc6827e7d1423!5m2!4m1!1i2!8m2!3d54.0397913!4d10.7495464> [Zugriff am 16.12.2020])

#### 2.1.4 Warnemünde / Diedrichshagen

Warnemünde und Diedrichshagen waren als Stadtteile Rostocks für alle Beteiligten der Studie logistisch leicht zu erreichen (Abbildung 3, Abbildung 6). Es lag kaum Strandanwurf vor und dies war das Untersuchungsgebiet mit der geringsten Treibsel-Menge in diesem Projekt. Durch die kleinen Mengen an Strandanwurf findet keine maschinelle Bereinigung der Strände von Treibsel statt, eine Beseitigung des Mülls erfolgt jedoch. Die Länge des von Müll gereinigten Abschnittes zwischen Warnemünde und Diedrichshagen beträgt ungefähr 5 km (Otten & Kischkat, 2018). Der Müll wird zwischen den Strandkörben händisch durch die jeweiligen Mieter und am restlichen Strand mittels Müllabfuhr durch die Stadt Rostock beseitigt (mündliche Mitteilung durch Roger Schult, Technischer Dienst Rostock).

Dadurch, dass keine maschinelle Entfernung des Strandanwurfes erfolgt, diente dieses Gebiet dazu, den Einfluss der Menschen am Strand auf die Vögel feststellen zu können.



Abb. 6: Untersuchte Strandabschnitte in Diedrichshagen (links, Strandaufgang 35) und Warnemünde (rechts, Strandaufgang 12) (verändert nach: <https://www.google.de/maps/@54.1734016,12.0419225,14z> [Zugriff am 16.12.2020]).

### 2.1.5 Insel Poel und Vogelschutzinsel Langenwerder

Auf der Insel Poel in der Wismarbucht (Abbildung 3) gibt es circa 1,1 km Strand. Der untersuchte Timmendorfer Strand (Abbildung 7a) ist circa 700 m lang und besteht aus einem circa 600 m langen bewirtschafteten Strandabschnitt und einem circa 100 m langen nicht bewirtschafteten Hundestrand (Abbildung 7b) (<https://www.poel.de>).

Die hohe Menge an anfallendem Treibsel auf der Insel Poel führt zu einer hohen erwartbaren Vogeldichte (Hubbard & Dugan, 2001). Für die Insel Poel liegen bereits Daten von CONTRA aus dem Jahr 2019 vor, bei der Qualität und Quantität des Treibsel untersucht wurden (mündliche Mitteilung durch Dr. Jana Wölfel, wissenschaftliche Koordinatorin des Projektes CONTRA, Universität Rostock). Die bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Strandabschnitte Timmendorfs liegen direkt nebeneinander und sind somit gut vergleichbar. Der bewirtschaftete Strandabschnitt wird nach Bedarf regelmäßig mit zwei Traktoren mit Grubber und Silozange und einem Klein-LKW der Marke Mercedes-Benz (Unimog) bereinigt. Die ersten Reinigungen im Jahr finden am Osterwochenende (März, April oder Mai) mit dem Beach Cleaner statt (siehe Abschnitt 2.1.2); durch dessen langsame Reinigungsgeschwindigkeit wird er im restlichen Jahr nicht mehr verwendet. Die letzten Reinigungen werden im September oder Oktober abhängig von der Gästezahl durchgeführt (mündliche Mitteilung durch Markus Frick, Kurdirektor Ostseebad Insel Poel).

a.



b.



Abb. 7: **a.** Geographische Lage des Timmendorfer Strandes auf der Insel Poel (verändert nach <https://www.poel.de/inself-poel/inselfkarte/> [Zugriff am 06.02.2021]). **b.** Untersucher bewirtschafteter (links, Strandaufgang 5) und nicht bewirtschafteter (rechts, Strandaufgang 7) Strandabschnitt von Timmendorf (verändert nach: <https://www.google.de/maps/@53.9958929,11.3779236,666a.35y,299.36h,3.05t/data=!3m1!1e3> [Zugriff am 16.12.2020]).

Neben dem Timmendorfer Strand fanden weiterhin Untersuchungen auf der Vogelschutzinsel Langenwerder nördlich von Poel statt (Abbildung 3). Langenwerder (Abbildung 8) ist erreichbar über den nördlich gelegenen Poeler Ort Gollwitz. Als einziges Gebäude befindet sich eine Vogelwarterstation der Mitglieder des Vereins Langenwerder zum Schutz für Wat- und

Wasservögel e.V. auf der Insel. Auf Anfrage gibt es die Möglichkeit, sich mit dem Vogelwart für einen Besuch der Insel zu treffen (<http://www.langenwerder.de>), welche für dieses Projekt genutzt wurde.



Abb. 8: Untersuchter Strandabschnitt auf der Vogelschutzinsel Langenwerder (verändert nach: <https://www.google.de/maps/@54.0273006,11.4929476,843m/data=!3m1!1e3> [Zugriff am 16.12.2020]).

## 2.2. Erfassung abiotischer Parameter

### 2.2.1 Das Habitat Sandstrand

Zu Beginn jeder Untersuchung wurde der untersuchte Strandabschnitt in Länge und Breite in Metern vermessen (siehe Abschnitt 2.1.1). Für die Messungen wurde ein Multifunktionslaser-Entfernungsmesser (TackLife Model MLR01, Shenzhen Take Tool Co. Ltd., Shenzhen, China) genutzt. Außerdem wurden die Wetterdaten sowie Frequenz und Art der anthropogenen Nutzung des Strandabschnittes dokumentiert. Es wurde ebenso alles, was darüber hinaus eine mögliche Auswirkung auf die Strandfauna haben kann (wie Service-Autos oder Sportstätten am Strand) erfasst.

Mit allen zugehörigen Aspekten hat das Wetter großen Einfluss auf die Fauna am Strand. Beispielsweise wechseln Vögel je nach Witterungsbedingungen das Habitat und verlassen bei Sturm den Strand; nach Wetterereignissen kann sich die Vogel-Anzahl wieder erhöhen, da

durch den dadurch erhöhten Wellengang mehr Treibsel angespült werden kann (Hubbard & Dugan, 2001; Suursaar et al., 2014). Daher wurden die Wetterdaten wie Windrichtung und Temperatur alle 30 Minuten über Online-Wetterdaten erfasst (<https://www.accuweather.com>; <https://darksy.net/forecast/40.7127,-74.0059/ca12/en>; [https://www.dwd.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html); <https://ch.wetter.com>). Der Wellengang wurde an jedem Untersuchungstag in seiner Höhe geschätzt und auf Videodateien festgehalten; bei deutlichen Änderungen wurde dies wiederholt. Neben seinem Einfluss auf die Menge und Zusammensetzung des Strandanwurfs hat der Wellengang auch noch Einfluss auf die Korngrößen des jeweiligen Strandes (siehe Abschnitt 2.2.2).

Die regelmäßige Erfassung dieser Daten sollte sicherstellen, dass eventuelle Änderungen in den Abundanzen und dem Verhalten der Tiere bei Bedarf mit Änderungen der äußeren Parameter in Bezug gesetzt werden konnten.

### 2.2.2 Sedimenteigenschaften

Die Bestimmung der mittleren Korngröße dient der Sedimentklassifizierung und -benennung von Stränden (Tabelle 3).

Tab. 3: Klassifizierung mariner Sedimente anhand der mittleren Korngröße (Gerlach, 1994).

Ton		unter	0,004 mm
Silt	0,004	bis	0,063 mm
Feinsand	0,063	bis	0,20 mm
Mittelsand	0,20	bis	0,63 mm
Grobsand	0,63	bis	2,0 mm
Kies	2,0	bis	60,0 mm

Die Entnahme der Sedimentproben erfolgte gleichzeitig mit den Biomasse-Probenahmen. Mit einem Stechrohr wurde einmalig pro Strand (insgesamt vier Standorte, keine Probenahme in Haffkrug aus logistischen Gründen) Sediment aus 5 cm Tiefe aufgenommen und in Plastiktüten verpackt. Im Labor wurde für jeden Standort die mittlere Korngröße ermittelt und nach Wentworth (1922) klassifiziert. Dafür wurde eine Probenmenge von circa 100-150 g auf übereinandergeschichtete Analysesiebe (Hersteller: Retsch, nach DIN ISO 3310/1) unterschiedlicher, absteigender Maschenweiten (1 mm, 500, 200, 100, 63 µm) gebracht und mehrfach mit Wasser überspült. Danach wurden die Siebe an der Unterseite mit Alufolie verschlossen. Nach einer Trocknung über Nacht bei 100°C wurde die Masse der auf den Sieben verbliebenen Fraktionen mit einer Feinwaage (Modell: Sartorius MC1 LC620S;

Maximalgewicht: 250 g; Genauigkeit: 0,001 g) bestimmt. Der Anteil der Fraktion <63 µm wurde per Subtraktion der Summe aller Fraktionen von der Ausgangsmasse ermittelt. Anschließend wurde die mittlere Korngröße als gewogenes arithmetisches Mittel der Einzelfraktionen mit folgender Formel berechnet:

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^k d_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^k m_i}$$

$d_m$	mittlere Korngröße der Probe
$d_i$	mittlere Größe der Klasse
$m_i$	Masse der Größenklasse

Zur Berechnung der mittleren Klassengröße  $d_i$  diente die Formel:

$$d_i = \frac{d_{io} + d_{iu}}{2}$$

$d_i$	mittlere Größe der Klasse
$d_{io}$	obere Größenklassengrenze
$d_{iu}$	untere Größenklassengrenze

## 2.3. Erfassung biotischer Parameter

### 2.3.1 Qualität und Quantität der Treibsel-Biomasse

Die Ermittlung der Zusammensetzung und Menge der Treibsel-Biomasse an den Standorten ist ein elementarer Parameter dieser Arbeit, weil sie eine mögliche Nahrungsquelle für die Vögel darstellt (siehe Abschnitt 1.2). Zu Beginn jeder Untersuchung wurde der Bedeckungsgrad des Strandes mit Treibsel-Biomasse in Prozent geschätzt (gesamter untersuchter Strandabschnitt = 100%). Der Bedeckungsgrad kann in Beziehung mit dem Wetter, dem Wellengang und mit dem Verhalten der Vögel gegenüber dem Spülsaum gesetzt werden.

Die Biomasse-Probenahmen erfolgten einmalig pro Standort, sofern sich die Menge und Zusammensetzung der Biomasse nicht deutlich geändert hatte. Beprobte wurde an jedem Strand in drei Parallelen, wobei jeweils eine Probe von altem und eine von neuem Strandanwurf genommen wurde, was sechs Proben pro Strandabschnitt ergab. Als „neu“ wird jener

Strandanwurf bezeichnet, der im noch nassen Bereich der Schorre zu finden ist; „alt“ ist der Strandanwurf, der sich am trockenen Strand befindet und in vielen Fällen selbst schon trocken ist (Abbildung 9).



Abb. 9: Neuer (links) und alter (rechts) Strandanwurf am Timmendorfer Strand (eigene Aufnahme durch Marina Manzel).

Jede Probe wurde 20x20-cm-Rahmen entnommen und alles an Biomasse innerhalb des Rahmens wurde möglichst ohne Sand entfernt. Von allen Einzelproben wurde im Labor das Feucht-Gesamtgewicht ermittelt, das für den Vergleich mit Literaturdaten dient. Die Proben wurden dann nach den folgenden Kategorien sortiert:

- Seegras (*Zostera* sp.)
- Makroalgen (sortiert nach Familie bzw. Spezies)
- Gesamt-Fauna
- weitere organische Bestandteile (z. B. Teile von Landpflanzen)
- natürliche anorganische Bestandteile (z. B. Steine, Sand) und
- anthropogene anorganische Bestandteile (Müll)

Die Bestimmung der einzelnen Arten der Makroalgen sowie *Zostera* sp. erfolgte unter Nutzung folgender Bestimmungsliteratur: Braune, 2008; Pankow, 1990; NABU o. J. und Schories et al., 2009.

Die sortierten Proben wurden einzeln mit einer Feinwaage (Zingst: Modell Sartorius CP323S-OCE, Maximalgewicht: 320 g, Genauigkeit: 0,001 g; Haffkrug und Warnemünde: Modell Sartorius MC1 LC62OS; Maximalgewicht: 250 g; Genauigkeit: 0,0001 g; Timmendorf und Langenwerder: Modell AccuWeight Digital Pocket Scale IC255, Maximalgewicht: 300 g, Genauigkeit: 0,01 g) gewogen, um das Feuchtgewicht zu bestimmen. Anschließend wurden diese zur Ermittlung des Trockengewichts im Trockenschrank bei 60°C für mindestens 24 Stunden getrocknet. Aus den Gewichtsunterschieden kann der ursprüngliche Wassergehalt der



jeweiligen Fraktion berechnet werden. Die Menge der Biomasse wird abschließend als Trockengewicht pro Quadratmeter Strand angegeben, da der Wassergehalt und damit das Feuchtgewicht stark schwanken kann.

### 2.3.2. Avifauna

Die Beobachtungen der Vögel fanden von einem Platz nahe der Düne aus statt, von welchem der Untersuchungsabschnitt gut einsehbar sein sollte, gegebenenfalls unter Nutzung von Ferngläsern (Modelle: Eschenbach, trophy AS/D allwetter, 8x32 B, 131 m / 1.000 m; Steiner Safari UltraSharp 10x26). Die Individuen wurden gezählt und die Arten mit folgender Bestimmungsliteratur bestimmt: Barthel, 2002; Pott, 2006; Quedens, 1988 und Svensson, 2017.

Folgende Parameter des Verhaltens wurden, wenn möglich pro Individuum und Zeit, erfasst:

- Verhaltensänderungen (Aktivitäten wie Jagen, Fressen, Schwimmen, Komfortverhalten),
- Aufenthaltsort (Fokus Spülsaum, siehe Abschnitt 1.3) und
- Reaktion auf (anthropogene) Reize, inklusive Uhrzeit und Dauer der Reize, gegebenenfalls Fluchtdistanz der Tiere und/oder Wechsel des Aufenthaltsortes.

Anschließend wurde die Biodiversität der Vögel für jeden Standort mithilfe des Shannon-Weaver-Indexes mit folgender Formel berechnet (nach <https://www.biologie-seite.de/Biologie/Shannon-Index>):

$$H^c = -\sum_i p_i \log p_i \text{ mit } p_i = \frac{n_i}{N}$$

$H^c$	Shannon-Weaver-Index
$i$	Spezies
$N$	Gesamtzahl der Spezies
$p_i$	Anteil von $i$ an $N$

Der Shannon-Weaver-Index ist einer der häufigsten verwendeten Indices der Biodiversität (Clarke & Warwick, 2001; [https://www.tutorialspoint.com/statistics/shannon\\_wiener\\_diversity\\_index.htm](https://www.tutorialspoint.com/statistics/shannon_wiener_diversity_index.htm)), daher sind Literaturvergleiche mit den berechneten Werten leicht möglich.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Charakterisierung des Habitats

#### 3.1.1 Umweltparameter

Das Wetter war an den Untersuchungstagen größtenteils beständig (Abbildung 10).

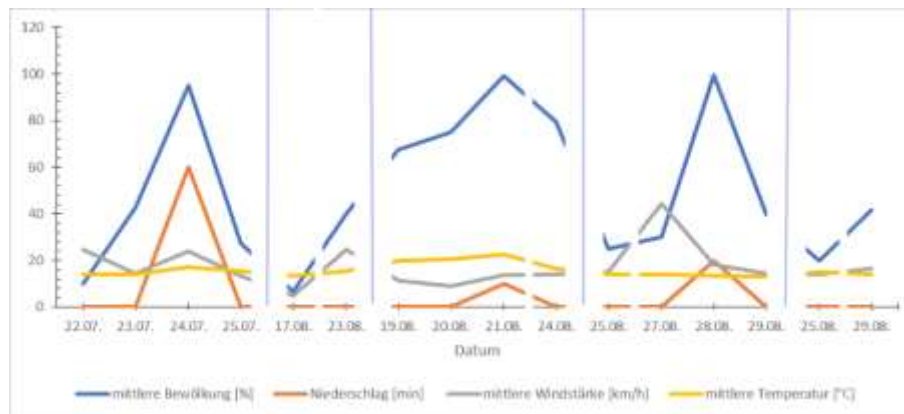


Abb. 10: Wetterbedingungen während der einzelnen Untersuchungsintervalle (siehe Tabelle 2) aller Standorte ( $n = 5$ ) und Untersuchungstage ( $n = 14$ ). Darstellung der Mittelwerte der 30-Minuten-Messintervalle ( $n = 3-8$  pro Untersuchung) bzw. Absolutwerte des Niederschlags innerhalb der Beobachtungsintervalle.

Die Bewölkung unterschied sich an den Tagen teilweise stark, dennoch gab es wenig Niederschlag. In Zingst schwankte die Wolkendichte zwischen nicht und vollkommen bewölkt. In Haffkrug gab es wenig bis mittelmäßige Bewölkung (3-50%) und in Warnemünde / Diedrichshagen stärkere Bewölkung von 40-100%. In Timmendorf war die Spannweite größer und reichte von 10-100%, während es auf Langenwerder wenig bis mittlere Wolkendichten von 10-63% gab.

Der Wind wehte in Zingst von Nordwest (Ausnahme: Südwest am 24.07); die Windstärke betrug zwischen 11 und 25 km/h. Die Windrichtung in Haffkrug war Ost bzw. Südwest mit schwächeren Windstärken zwischen 4 und 25 km/h (stärkerer Wind am zweiten Untersuchungstag). In Warnemünde gab es schwächeren Wind mit 9-14,2 km/h und sich täglich ändernden Windrichtungen (Nordwest, Ost, Südost, Südwest/West). In Timmendorf hatte die Windstärke eine große Spannweite (12-46 km/h) mit den Windrichtungen West, Südost und Südwest. Langenwerder wies mittelstarken Wind zwischen 12 und 18 km/h aus nord- bzw. südwestlicher Richtung auf.

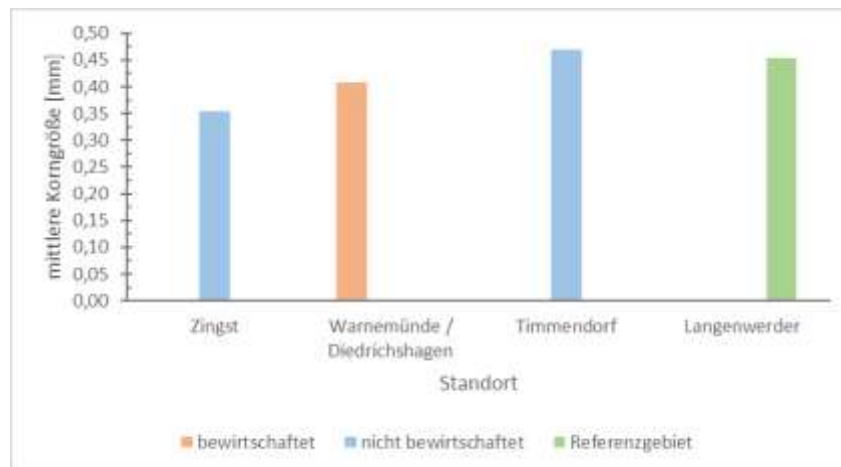
Die Lufttemperaturen waren während der Untersuchungsintervalle ähnlich. In Zingst waren die Temperaturen recht kühl mit 14-17°C, ebenso in Haffkrug mit 12-16°C. In Warnemünde und

Diedrichshagen fanden die Zählungen zu späteren Uhrzeiten und unter höheren Temperaturen von 18-24°C statt (siehe Abschnitt 2.1.1). In Timmendorf und auf Langenwerder waren die Temperaturen wieder kühler (13-14°C bzw. 14-15°C).

### 3.1.2 Sedimenteigenschaften

Die mittleren Korngrößen aller Standorte betragen zwischen 0,356 mm für Zingst und 0,470 mm für Timmendorf (Abbildung 11a) und sind damit nach DIN 4022 als Mittelsand einzustufen. Alle untersuchten Strände sind sich damit in ihren Sedimenteigenschaften (zum Beispiel als Habitat für die Bodenfauna) ähnlich. Die Wassergehalte der Proben schwanken stark zwischen 0,51% (Zingst) und 2,63% (Warnemünde / Diedrichshagen) (Abbildung 11b).

a.



b.

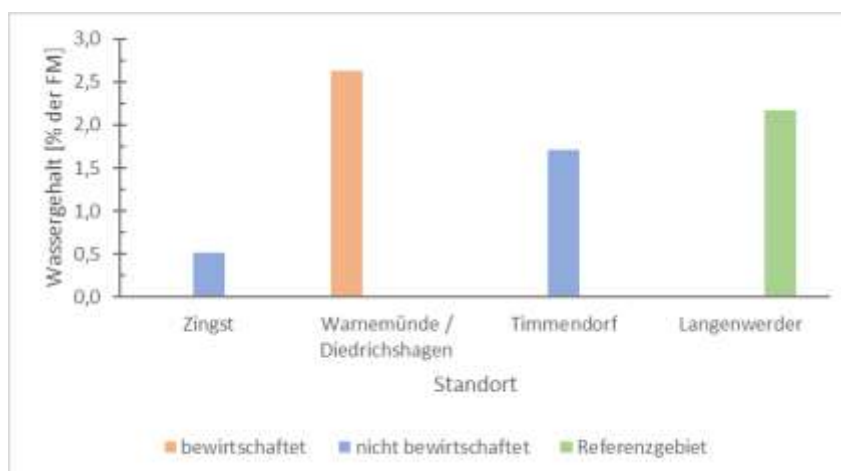


Abb. 11: **a.** Mittlere Korngrößen der Sedimentproben (n = 4) der untersuchten Standorte. **b.** Wassergehalt der Sedimentproben (n = 1 pro Standort) der untersuchten Standorte als Anteil an der Frischmasse (FM) der Sedimentproben. Die Proben stammen von Zingst (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt), Diedrichshagen (bewirtschafteter Strandabschnitt), Timmendorf (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt) und Langenwerder (Referenzgebiet). Aus logistischen Gründen erfolgte in Haffkrug keine Probenahme.

Die Einstufung der untersuchten Sedimente als Mittelsand nach DIN 4022 in einer Spannweite von 0,2-0,63 mm ist für die Sandstrände der südöstlichen Ostsee zu erwarten (Kovaleva et al., 2016). Unterschiedliche Wassergehalte sind meist zurückzuführen auf unterschiedliche Partikelgrößen, Texturen und / oder Mengen an organischer Substanz im Boden (Acharya et al., 2014; Ball, 2011), welcher unter anderem das Vorhandensein von Mikroorganismen und Meiofauna als Nahrungsquelle für höhere Organismen mitbestimmt (Figge et al., 1980). Der hohe Gehalt an organischer Substanz der Böden in und um Warnemünde und Diedrichshagen (Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern, 1995; Frielinghaus, 2011) kann der Grund für den höheren Wassergehalt dieser Probe gewesen.

### **3.1.3 Menge und Zusammensetzung der Biomasse**

An den bewirtschafteten Stränden wurde erwartungsgemäß meist weniger Strandanwurf vorgefunden (Tabelle 4), außer in Haffkrug, wo durch den anhaltenden Ostwind am ersten Untersuchungstag (Tag der Strandreinigung, Tabelle 2) mehr Treibsel an die Küste gespült wurde (mündliche Mitteilung durch Lorenz Brandt, Bauamt Scharbeutz). In Zingst wurde teilweise weniger Strandanwurf gefunden als in Warnemünde / Diedrichshagen, die als Gebiete mit der niedrigsten Menge an Strandanwurf eingestuft wurden. Jedoch sind starke tägliche Schwankungen der Treibselmenge als normal anzusehen (siehe Abschnitt 1.1). Im Referenzgebiet lag am meisten Strandanwurf.

Der höchste Sandanteil im neuen Strandanwurf wurde in Warnemünde / Diedrichshagen (90,5% TG) gefunden. Es folgen Zingst (73,7% TG), Haffkrug (59,8% TG) und Timmendorf (57,4% TG). Auf Langenwerder waren die Treibsel-Matten sehr dick ausgeprägt, sodass bei der Probenahmen kein Sand mit aufgenommen wurde.

Im alten Strandanwurf lag der höchste Sandanteil in der Probe aus Zingst vor (96,28% TG), die den höchsten Wert aller Proben aufwies. Danach folgen Haffkrug (84,9% TG), Warnemünde / Diedrichshagen (41,6% TG) und Langenwerder (2,35% TG). Im alten Strandanwurf zeigen sich immer höhere Sandanteile, was darauf hinweist, dass das Treibsel weiter im Landesinneren stärker mit Sand bedeckt ist als jenes an der Wasserlinie.

Die Bedeckungsgrade spiegeln sich in den Feucht- (FG) und TG der Biomassen des Strandanwurfs an den Untersuchungsorten wider; Ausnahme ist Haffkrug, wo FG und TG höher waren als aufgrund der niedrigen Strandbedeckung zu erwarten war.

Im neuen Strandanwurf waren FG und TG der Biomasse in Haffkrug von allen Untersuchungsstandorten am höchsten, gefolgt von Langenwerder (Abbildung 12). An beiden Orten wurde ein großer Anteil an *Zostera* sp. mit einem höheren Wasseranteil als die meisten Algenarten gefunden. Das zeigt sich in einer starken Abnahme des Gewichts nach Trocknung dieser Proben. Im Vergleich dazu sind FG und TG der anderen Standorte niedrig, was besonders für Zingst und Warnemünde / Diedrichshagen als Gebiete mit wenig Strandanwurf spricht. Auch bei der Timmendorfer Probe könnte die starke Diskrepanz zwischen FG und TG aufgrund der großen Menge an *Zostera* sp. in der Probe entstanden sein.

Tab. 4: Prozentuale Bedeckung der untersuchten Strände mit Strandanwurf. Die geschätzten Bedeckungsgrade beziehen sich auf neuen und alten Strandanwurf.

Datum	Strandabschnitt	Strandbedeckung mit Strandanwurf [%]
22.-24.07.2020	Zingst (b.)	0,5-3
22.-24.07.2020	Zingst (n. b.)	2-25
17.08.2020	Haffkrug (b.)	5
23.08.2020	Haffkrug (n. b.)	2
21. & 23.08.2020	Warnemünde (b.)	1-2
22. & 24.08.2020	Diedrichshagen (b.)	5-10
25., 27.-29.08.2020	Timmendorf (b.)	5-10
25., 27., 28.08.2020	Timmendorf (n. b.)	15-30
25. & 29.08.2020	Langenwerder (R.)	55-70

Langenwerder überwiegt mit dem FG und TG des alten Strandanwurfs, gefolgt von Haffkrug. Warnemünde / Diedrichshagen und Zingst zeigen auch hier niedrige Werte und in Timmendorf war durch einen Sturm am Vortag kein alter Strandanwurf vorzufinden.

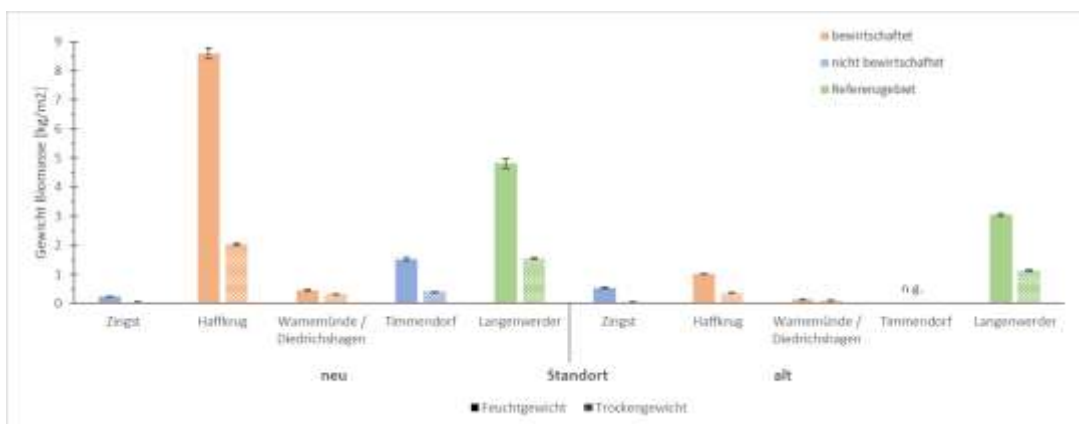


Abb. 12: FG und TG der Biomasse an allen untersuchten Standorten in kg/m<sup>2</sup>. Dargestellt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen des neuen und alten Strandanwurfs der Probenahme pro Standort (n=3). Die Proben stammen von Zingst (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt), Haffkrug (bewirtschafteter Strandabschnitt), Diedrichshagen (bewirtschafteter Strandabschnitt), Timmendorf (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt) und Langenwerder (Referenzgebiet). In Timmendorf lag durch einen Sturm am Vortag kein alter Strandanwurf vor. n. g. – nicht gefunden

Tab. 5: Gewichtsanteile der verschiedenen Algen und von Zostera sp. an den Untersuchungsstellen sowie die Gesamtbiomasse von neuem und altem Strandanwurf (bewirtschaftete Abschnitte rot, nicht bewirtschaftete blau, Referenz grün hervorgehoben). Dargestellt sind die mittleren TG der einzelnen Arten und der Gesamtbiomasse in [g/m<sup>2</sup>] Strandabschnitt mit den dazugehörigen Standardabweichungen. STABW – Standardabweichung

Ort	Strand-anwurf	Zostera-ceae	Chlorophyceae		Phaeophyceae		Rhodophyceae			Fauna
		Zostera sp.	Clado-phora sp.	Ulva sp.	Chor-daria sp.	Fucus sp.	Cera-mium sp.	Deles-seria sp.	Poly-siphonia sp.	
Zingst	neu	16,850	/	/	6,738	/	71,175	/	/	12,375
	STABW	6,109	/	/	3,663	/	0	/	/	8,91
	alt	56,359	/	/	1,750	8,075	/	2,275	/	3,400
	STABW	34,372	/	/	0	0	/	0	/	8,457
	gesamt	40,555			5,075	8,075	71,175	2,275		4,150
	STABW	37,494			4,333	0	0	0		12,992
Haffkrug	neu	1916,667	/	/	/	116,667	/	/	/	50,000
	STABW	875,519	/	/	/	57,735	/	/	/	0
	alt	328,233	/	3,483	3,700	26,000	/	/	/	18,975
	STABW	241,572	/	2,995	0	16,171	/	/	/	11,795
	gesamt	1122,450		3,483	3,700	71,333				34,488
	STABW	1128,048		3,743	0	68,651				19,832
Warne-münde / Diedrichs-hagen	neu	10,717	101,933	22,250	/	/	206,600	/	/	40,187
	STABW	7,683	76,215	8,472	/	/	129,005	/	/	15,618
	alt	69,450	18,825	2,325	1,450	19,200	13,092	/	8,133	7,775
	STABW	2,875	6,646	1,054	0	0	6,965	/	2,518	4,568
	gesamt	40,083	60,379	12,288	1,450	19,200	90,495		8,133	24,296
	STABW	32,817	75,698	12,832	0	0	133,313		3,148	22,204
Timmen-dorf	neu	349,317	/	/	/	42,475	/	/	13,063	6,792
	STABW	126,024	/	/	/	4,490	/	/	8,245	4,091
	alt	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	STABW	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	gesamt	349,317				42,475			13,063	6,792
	STABW	157,530				4,490		10,306	5,113	
Langen-werder	neu	845,755	/	4,850	/	17,900	/	/	189,225	40,542
	STABW	414,351	/	1,36	/	21,22	/	/	0	42,226
	alt	838,538	/	/	/	/	/	/	/	8,592
	STABW	511,522	/	/	/	/	/	/	/	0,269
	gesamt	1263,821		4,000		17,900			189,225	24,567
	STABW	544,369		1,700		26,525		0	37,871	

Die Artzusammensetzung der Biomasse entspricht der erwarteten Zusammensetzung (Tabelle 5). Es wurden zwei Arten der Chlorophyceae, zwei Arten der Phaeophyceae und drei Arten der Rhodophyceae gefunden. Fucus sp. (Spannweite [SPW] von 0,7% TG der gesamten Biomasse auf Langenwerder bis 7,1% TG in Timmendorf) und Zostera sp. (SPW von 18,2% TG in

Warnemünde / Diedrichshagen bis 94,2% TG auf Langenwerder) wurden an jedem Standort vorgefunden.

*Zostera* sp. machte meist den größten Anteil aus. In Warnemünde / Diedrichshagen wurden jedoch mehr Rhodophyceae (36% TG, davon 95% TG *Ceramium* sp. und 5% TG *Polysiphonia* sp.) gefunden. Die Chlorophyceae waren (außer in Warnemünde / Diedrichshagen mit 33% TG) immer an letzter Stelle.

Das TG von *Fucus* sp. überstieg in Zingst, Warnemünde / Diedrichshagen und auf Langenwerder entgegen den Erwartungen nicht die TG der Chlorophyceae und Rhodophyceae. In Zingst und Warnemünde / Diedrichshagen war *Fucus* sp. nur im alten und auf Langenwerder nur im neuen Strandanwurf zu finden. Somit wurde weniger *Fucus* sp. vorgefunden, als erwartet.

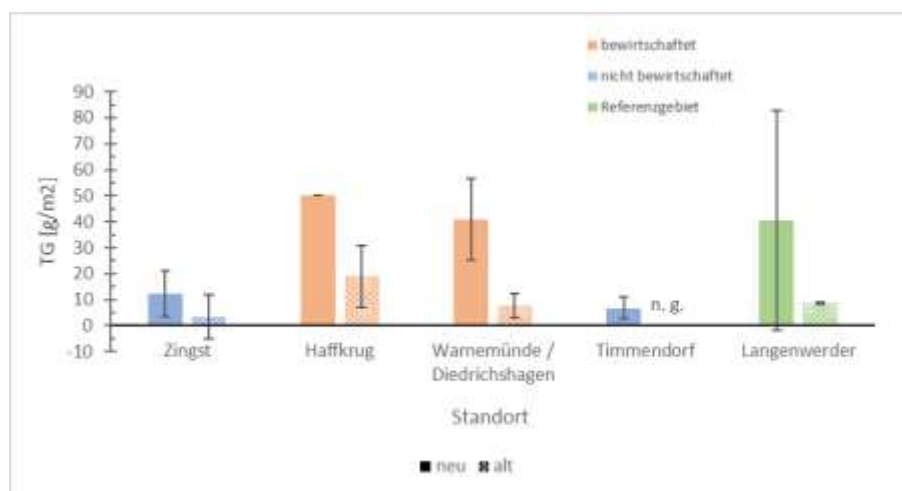


Abb. 13: TG der Fauna aller untersuchten Standorte in kg/m<sup>2</sup>. Dargestellt sind die Mittelwerte und STABW des neuen und alten Strandanwurfs der Probenahme pro Standort (n=3). Die Proben stammen von Zingst (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt), Haffkrug (bewirtschafteter Strandabschnitt), Diedrichshagen (bewirtschafteter Strandabschnitt), Timmendorf (nicht bewirtschafteter Strandabschnitt) und Langenwerder (Referenzgebiet). In Timmendorf lag durch einen Sturm am Vortag kein alter Strandanwurf vor.

Die in der Biomasse gefundene Fauna bestand vollständig aus nicht bestimmbarem Kleinmaterial, weshalb eine Artbestimmung nicht möglich war. Dennoch gab es große Unterschiede zwischen den Standorten (Abbildung 13). In Haffkrug wurde am meisten Fauna gefunden (1,92% TG der Biomasse), was zu der hohen Biomasse-Menge dieses Orts passt. An zweiter Stelle ist Warnemünde / Diedrichshagen, wo die die Gesamt-Biomassemenge klein war, die Fauna jedoch 11% TG der Biomasse ausmachte. Am wenigsten Fauna wurde in Timmendorf vorgefunden, wo die Menge der Gesamt-Biomasse ebenso klein war. An allen Standorten wurde mehr Fauna im neuen als im alten Strandanwurf vorgefunden.

## 3.2 Charakterisierung der Avifauna

### 3.2.1 Abundanzen

Es wurden bei jedem Vergleich von bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Strandabschnitten (Zingst, Haffkrug, Timmendorf) durchschnittlich mehr Individuen pro Stunde an den bewirtschafteten Stränden beobachtet (71% aller Individuen in Zingst, 54% in Haffkrug und 68% in Timmendorf) (Abbildung 14). Das Verhältnis der durchschnittlichen Individuenzahlen pro Stunde zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Stränden war in Zingst am größten und in Timmendorf am kleinsten. Am Timmendorfer Strand wurden durch das stürmische Wetter am wenigsten Gesamtindividuen gezählt; durch ein Unwetter musste der Untersuchungszeitrahmen am 27.08. gekürzt werden (Tabelle 2). In Warnemünde und Diedrichshagen ähnelten sich die beobachteten durchschnittlichen Individuenzahlen pro Stunde und entsprechen jenen von Haffkrug. Auf Langenwerder wurde die höchste durchschnittliche Individuenzahl pro Stunde beobachtet.

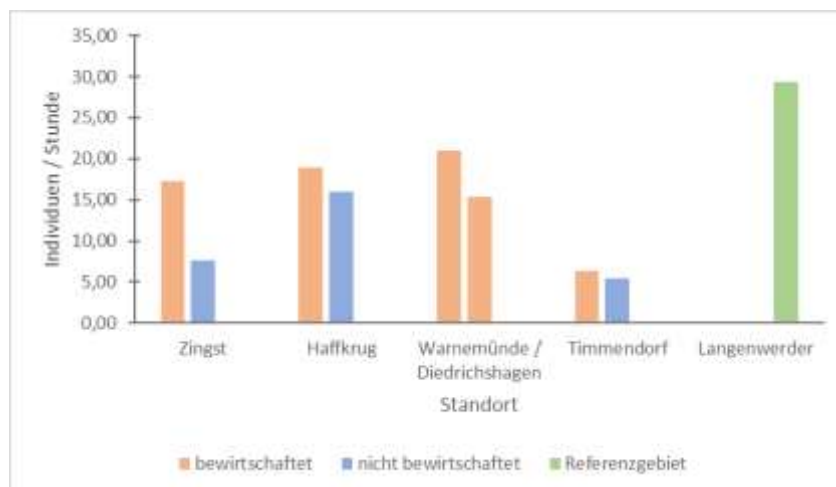


Abb. 14: Durchschnittliche beobachtete Individuenzahlen der Vögel pro Stunde ( $n = 10,5$  für Zingst bew.,  $n = 9,75$  für Zingst n. b.,  $n = 2$  für Haffkrug bew. und n. b.,  $n = 5$  für Warnemünde,  $n = 6$  für Diedrichshagen,  $n = 5$  für Timmendorf bew. und  $n = 2,75$  für Timmendorf n. b.) nach Art der Bewirtschaftung für alle Standorte. Am 25.08. und 29.08. wurde in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht und diese Daten sind hier nicht mit dargestellt, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

### 3.2.2 Biodiversität

Insgesamt konnten an allen Untersuchungstagen und -orten 695 Vögel beobachtet werden; 572 davon in den touristisch genutzten Gebieten.



Tab. 6: Vorkommen der Vogelarten an allen Untersuchungsstandorten. Alle Untersuchungstage (t = 12) sind mit einbezogen, mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen. Kulturfolger (siehe Abschnitt 4.2.1) sind gelb hervorgehoben. X – Art vorgefunden, - – Art nicht vorgefunden

(Unter-)Familie	Spezies	Zingst	Haffkrug	Warnemünde / Diedrichshagen	Timmendorf	Langenwerder
Entenvögel (Anatidae)	Stockente ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	-	-	X	X	X
Regenpfeifer (Charadriidae)	Sandregenpfeifer ( <i>Charadrius hiaticula</i> )	-	-	-	-	X
Tauben (Columbidae)	Ringeltaube ( <i>Columba palumbus</i> )	-	X	-	-	-
Rabenvögel (Corvidae)	Nebelkrähe ( <i>Corvus cornix</i> )	X	X	X	-	-
	Rabenkrähe ( <i>Corvus corone</i> )	-	X	X	-	-
Austernfischer (Haematopodidae)	Austernfischer ( <i>Haematopus ostralegus</i> )	-	-	-	-	X
Schwalben (Hirundinidae)	Mehlschwalbe ( <i>Delichon urbicum</i> )	-	-	-	X	-
	Seeschwalbe ( <i>Sterna sp.</i> )	-	-	-	-	X
Möwen (Larinae)	Lachmöwe ( <i>Larus ridibundus</i> )	X	X	X	X	X
	Silbermöwe ( <i>Larus argentatus</i> )	X	X	X	X	X
	Sturmmöwe ( <i>Larus canus</i> )	X	-	-	X	-
Pieper und Stelzen (Motacillidae)	Bachstelze ( <i>Motacilla alba</i> )	X	-	X	X	-
Kormorane (Phalacrocoracidae)	Kormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	-	-	X	-	X
Schnepfenvögel (Scolopacidae)	Alpenstrandläufer ( <i>Calidris alpina</i> )	-	-	-	-	X
	Bekassine ( <i>Gallinago gallinago</i> )	-	-	-	-	X
	Großer Brachvogel ( <i>Numenius arquata</i> )	-	-	-	-	X
	Knutt ( <i>Calidris canutus</i> )	-	-	-	-	X

Die Artzusammensetzung dort war wie folgt (Tabelle 6): 269 Lachmöwen (*Larus ridibundus*), 161 Silbermöwen (*Larus argentatus*), 43 Bachstelzen (*Motacilla alba*), 35 Nebelkrähen (*Corvus cornix*), 27 Stockenten (*Anas platyrhynchos*), 17 Rabenkrähen (*Corvus corone*), neun

Ringeltauben (*Columba palumbus*), je fünf Sturmmöwen (*Larus canus*) und Mehlschwalben (*Delichon urbicum*) und ein Kormoran (*Phalacrocorax carbo*).

Im Referenzgebiet wurden insgesamt 50 Alpenstrandläufer (*Calidris alpina*), 18 Stockenten, 16 Lachmöwen, neun Knutts (*Calidris canutus*), acht Sandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula*), sechs Silbermöwen, je fünf Bekassinen (*Gallinago gallinago*) und Große Brachvögel (*Numenius arquata*), drei Austernfischer (*Haematopus ostralegus*), zwei Seeschwalben (*Sterna* sp.) und ein Kormoran beobachtet.

Die höchste Biodiversität, gemessen am Shannon-Weaver-Index  $H'$ , wurde mit 1,84 (25.08.) und 1,6 (29.08.) für Langenwerder berechnet (Abbildung 15). Die Werte sind im direkten Vergleich von bewirtschafteten mit nicht bewirtschafteten Strandabschnitten an ersteren meist höher und sprechen für eine geringfügig höhere Biodiversität dort. Ausnahme hiervon bildet Timmendorf. In Diedrichshagen liegt der Wert höher als in Warnemünde. An den bewirtschafteten Stränden lag der Wert durchschnittlich bei 1,037 und an den nicht bewirtschafteten Stränden bei 1,027.

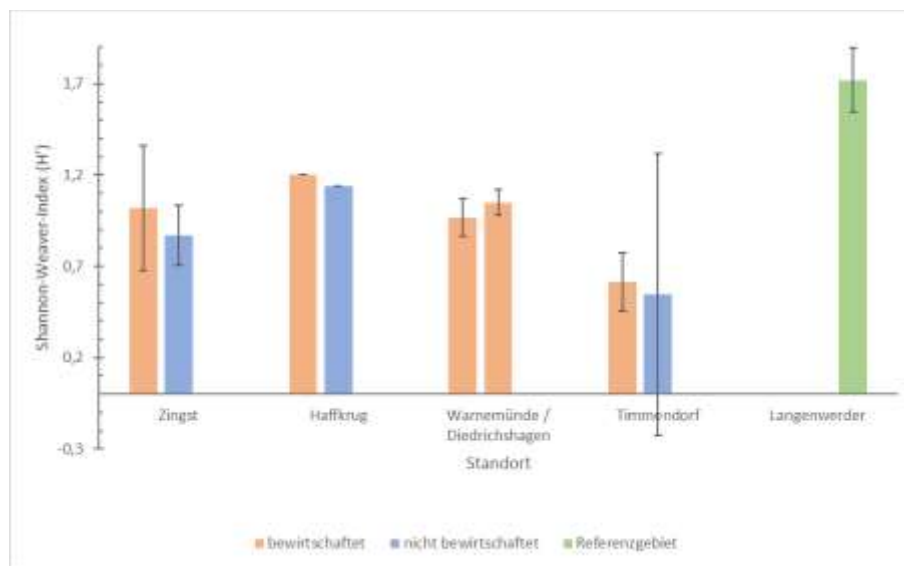


Abb. 15: Mittelwerte und dazugehörige STABW ( $n = 4$  für Zingst,  $n = 1$  für Haffkrug,  $n = 2$  für Warnemünde / Diedrichshagen,  $n = 2$  für Timmendorf,  $n = 2$  für Langenwerder) der Biodiversitätsberechnungen der Avifauna mithilfe des Shannon-Weaver-Indexes aller untersuchten Standorte. Zur Berechnung wurden die gezählten Arten und Individuen aller Untersuchungstage ( $t = 12$ ) mit einbezogen, außer der Untersuchungen am 25.08. und 29.08. in Timmendorf, da dort aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt werden, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

An den touristisch genutzten Stränden wurden ausschließlich Kulturfolger vorgefunden (siehe Abschnitt 4.2.1, Tabelle 6). Im Referenzgebiet Langenwerder ist dagegen der Großteil der Arten nicht den Kulturfolgern zuzuordnen.

### 3.2.3 Abundanz und Verhalten am Spülsaum

Der Spülsaum wurde als das wichtigste Habitat zur Nahrungssuche der Vögel am Strand angenommen (siehe Abschnitt 1.2), weswegen dieser besonders ausgewertet und der Fokus auf ein eventuelles Fressverhalten gelegt wurde. Entgegen den Erwartungen zeigten auf Langenwerder die nur knapp 70% der am Spülsaum anwesenden Vögel ein Fressverhalten (Abbildung 16). Mit über 70% der anwesenden Vögel wurde am nicht bewirtschafteten Strandabschnitt in Timmendorf das meiste Fressverhalten direkt am Spülsaum beobachtet; da hier nur eine geringe Gesamtzahl an Individuen beobachtet werden konnte, kann dieses Ergebnis jedoch leicht verzerrt sein. Am bewirtschafteten Abschnitt Haffkrugs wurde die geringste Anzahl fressender Vögel gezählt.

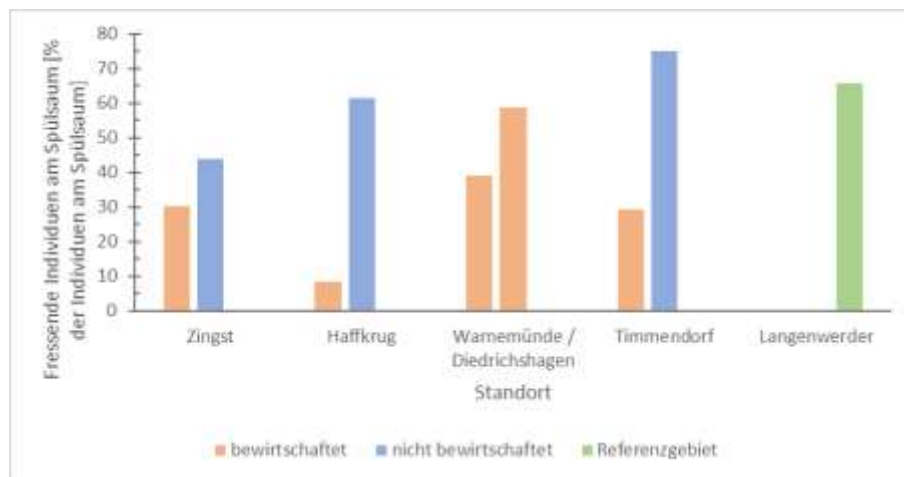


Abb. 16: Anteil der fressenden Vögel (Gesamtzahl fressender Individuen = 145) in [%] an der Gesamtzahl der Individuen am Spülsaum (= 295) aller Untersuchungsorte, aufgeteilt nach Art der Bewirtschaftung. Alle Untersuchungstage (t = 12) sind mit einbezogen, mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Insgesamt wurden die meisten aller am Strand fressenden Vögel in Zingst beobachtet (63% aller fressenden Vögel fraßen am neuen Strandanwurf) gefolgt von Langenwerder (100%), Warnemünde / Diedrichshagen (55,9%), Haffkrug (69,2%) und Timmendorf (80%).

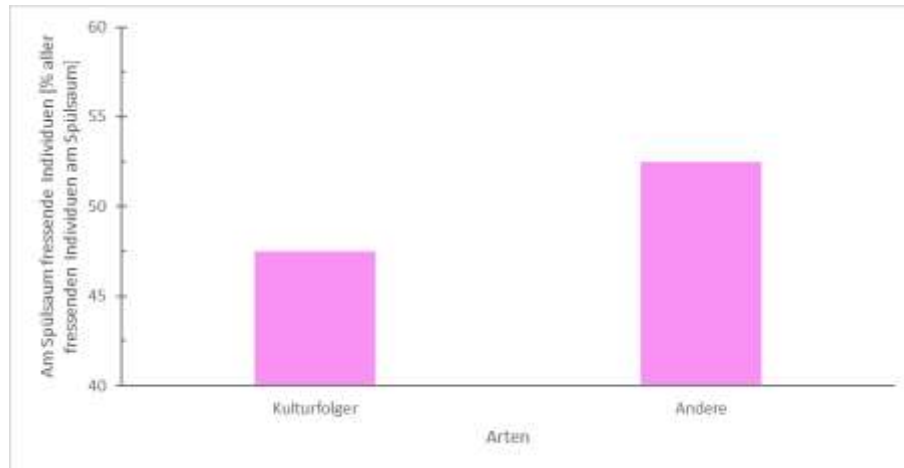


Abb. 17: Anteile der Individuen jener Arten, die zu den Kulturfolgern (Gesamtzahl der Individuen = 10) in [%] bzw. nicht zu den Kulturfolgern (Gesamtzahl der Individuen = 7) zählen und bei denen Fressverhalten am Spülsaum festgestellt werden konnte, an der Gesamtzahl der fressenden Individuen am Spülsaum ( $n = 141$ ). Dargestellt sind Daten aller Standorte und Untersuchungstage ( $t = 12$ ), mit Ausnahme der Untersuchungen am 25.08. und 29.08. in Timmendorf, da dort aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt werden, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

Arten, die nicht zu den Kulturfolgern zählen, scheinen im Vergleich zu den Kulturfolgern den Spülsaum bevorzugt als Nahrungsquelle zu nutzen (Abbildung 17). Mehr als die Hälfte dieser Arten konnten dort bei der Nahrungsaufnahme beobachtet werden. Diese wurden im Referenzgebiet aber auch nicht durch Reize beim Fressen gestört (siehe Abschnitt 3.2.4).

Von den meisten ausschließlich auf Langenwerder beobachteten Arten (*C. alpina*, *C. canutus*, *G. gallinago*, *N. arquata*, *H. ostralegus*) zeigten alle beobachteten Individuen ein Fressverhalten am Spülsaum (Abbildung 18). Ausnahmen hiervon sind die Arten *C. hiaticula* und *Sterna* sp. Von ersterer wurden aber ein Viertel der Individuen beim Fressen beobachtet; bei letzterer konnte kein Fressverhalten festgestellt werden.

Bei kulturfolgenden Arten wurde ein Anteil von 10% der anwesenden Individuen bei der Nahrungsaufnahme beobachtet. Es waren hauptsächlich Individuen der Arten *D. urbicum* (40% aller fressenden Kulturfolger), am Spülsaum fraßen. Danach folgten *M. alba* (23%), *C. palumbus* (22%), *L. canus* (20%) und *C. cornix* (11%). Weniger Individuen der Arten *L. argentatus* (9%), *A. platyrhynchos* (9%), *L. ridibundus* (7%) und *C. corone* (6%) wurden beim Fressen beobachtet. Bei *P. carbo* konnte kein Fressverhalten beobachtet werden.

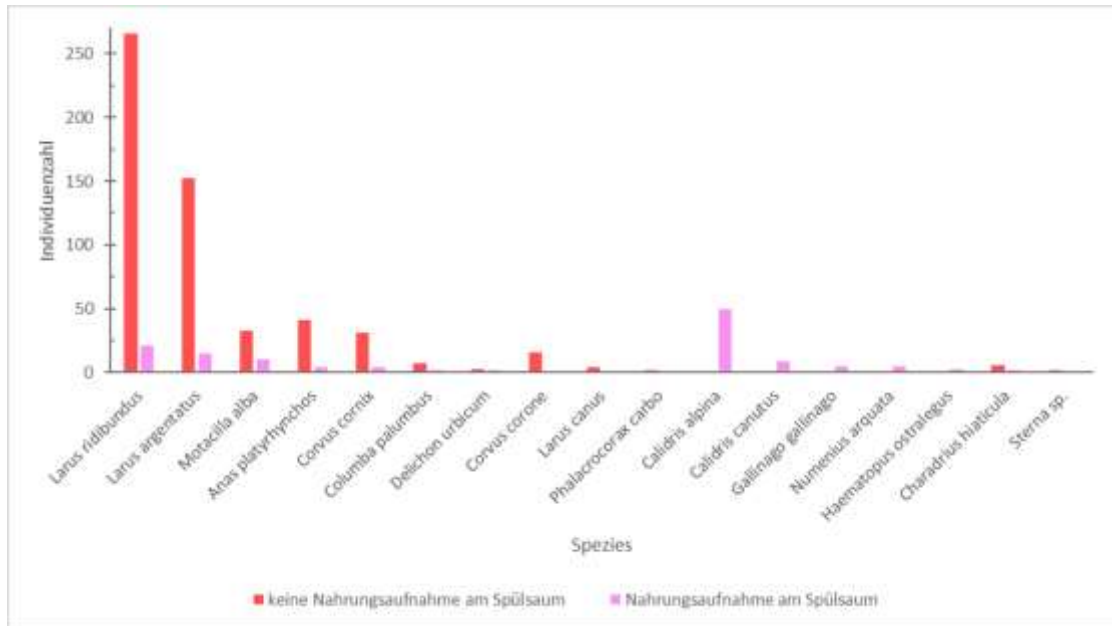


Abb. 18: Gesamtzahl der beobachteten Individuen jeder Art ( $n = 17$ ) im Vergleich mit der Gesamtzahl der beim Fressen am Spülsaum beobachteten Individuen der jeweiligen Art. Dargestellt sind Daten aller Standorte und Untersuchungstage ( $t = 12$ ), mit Ausnahme der Untersuchungen am 25.08. und 29.08. in Timmendorf, da dort aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt werden, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen.

### 3.2.4 Verhalten gegenüber Reizen

Die meisten bei den drei unterschiedenen anthropogenen Reizen („Mensch“, „Hund“, „Maschine“) anwesenden Individuen zeigten keine Reaktion auf diese (67,2%) (Abbildung 19). Insgesamt 30,9% der anwesenden Individuen flüchteten und 1,8% wurden angelockt, wobei eine Anlockung nur in bewirtschafteten Gebieten beobachtet wurde (Abbildung 19). Dort wurden auch mehr Reize beobachtet (insgesamt 547 Menschen, 7 Hunde, 22 Maschinen). In den nicht bewirtschafteten Gebieten wurden weniger Reize beobachtet (insgesamt 32 Menschen, 17 Hunde, 2 Maschinen) und im Referenzgebiet wurden keine anthropogen verursachten Reize festgestellt.

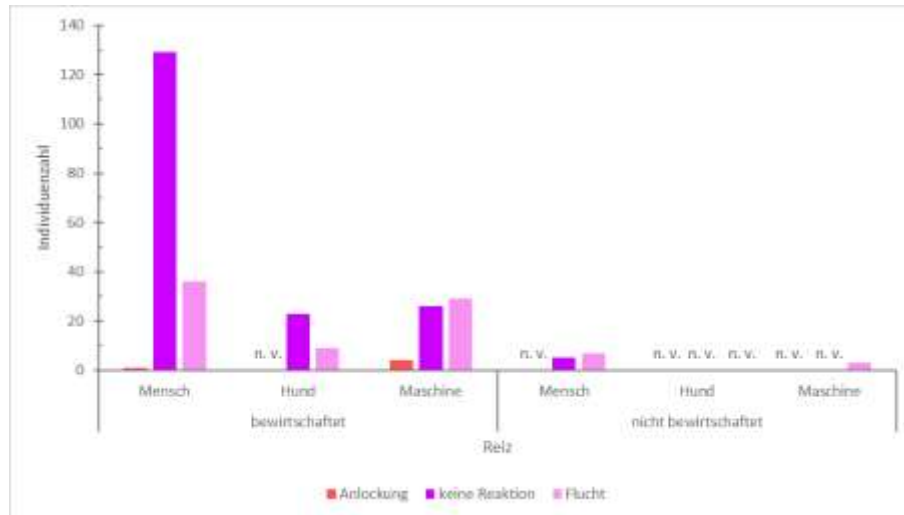


Abb.19: Reaktionen der bei Reizen anwesenden Individuen ( $n = 272$ ) auf diese Reize. Es werden nur die Arten *Larus ridibundus* und *Larus argentatus* berücksichtigt, da diese an allen Standorten zu finden waren. Dargestellt sind Daten von allen untersuchten Orten an allen Untersuchungstagen ( $n = 12$ ) mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, und ohne Langenwerder, da dort keine anthropogenen Reize festgestellt werden konnten. n. v. – nicht vorgekommen

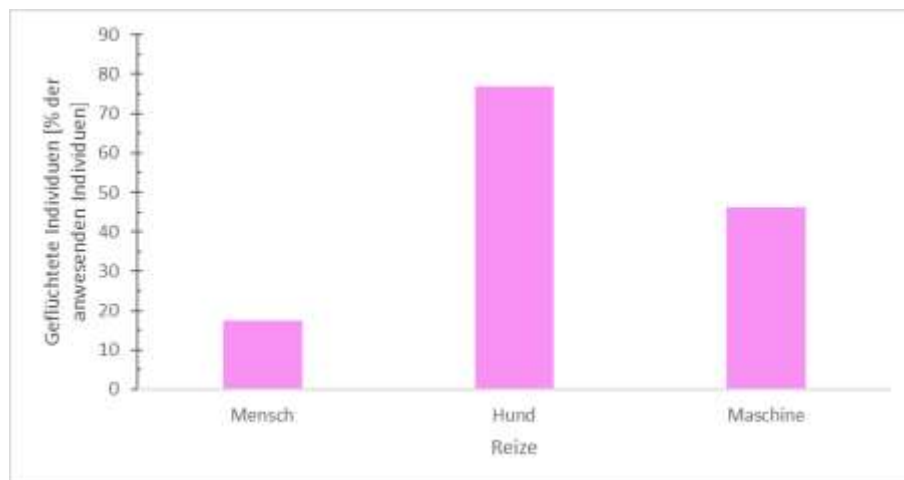


Abb. 20: Anteil der vor einem anthropogenen Reiz ( $n_{\text{Mensch}} = 202$ ,  $n_{\text{Hund}} = 25$ ,  $n_{\text{Maschine}} = 23$ ) geflüchteten Vogel-Individuen ( $n = 111$ ) an der Menge der bei den Reizen anwesenden Individuen ( $n = 551$ ). Dargestellt sind Daten von allen untersuchten Orten an allen Untersuchungstagen ( $t = 12$ ), mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, und ohne Langenwerder, da dort keine anthropogenen Reize festgestellt werden konnten.

Vor dem Reiz „Hund“ flüchtete die größte Anzahl an Vögeln, vor dem Reiz „Mensch“ die kleinste (Abbildung 20). Eine Wirkung dieser Reize auf die Tiere scheint also gegeben zu sein, wenn auch der Großteil der anwesenden Individuen (circa 75%) keine Fluchtreaktion aufwies. Auf mehr Details bezüglich des Verhaltens der Vögel gegenüber Maschinen am Strand wird bei Julia Teich (Staatsexamensarbeit, Februar 2021) eingegangen.

Den größten Effekt übten die betrachteten Reize auf die Art *C. corone* aus, von welcher circa 45% der beim Reiz anwesenden Individuen die Flucht ergriffen (Abbildung 21). Bei vier Arten (*L. canus*, *C. palumbus*, *A. platyrhynchos*, *D. urbicum*) wurde kein Fluchtverhalten beobachtet.

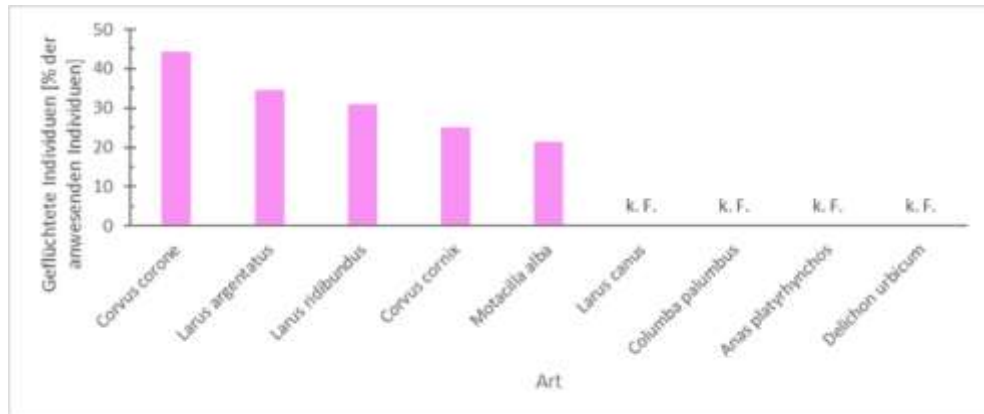


Abb. 21: Anteile der vor einem anthropogenen Reiz geflüchteten Vogel-Individuen der jeweils anwesenden Arten (n = 9) an der Gesamtmenge der beim Reiz anwesenden Individuen der jeweiligen Art. Dargestellt sind Daten von allen untersuchten Orten an allen Untersuchungstagen (n = 12) mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, und ohne Langenwerder, da dort keine anthropogenen Reize festgestellt werden konnten. k. F. – kein Fluchtverhalten festgestellt.

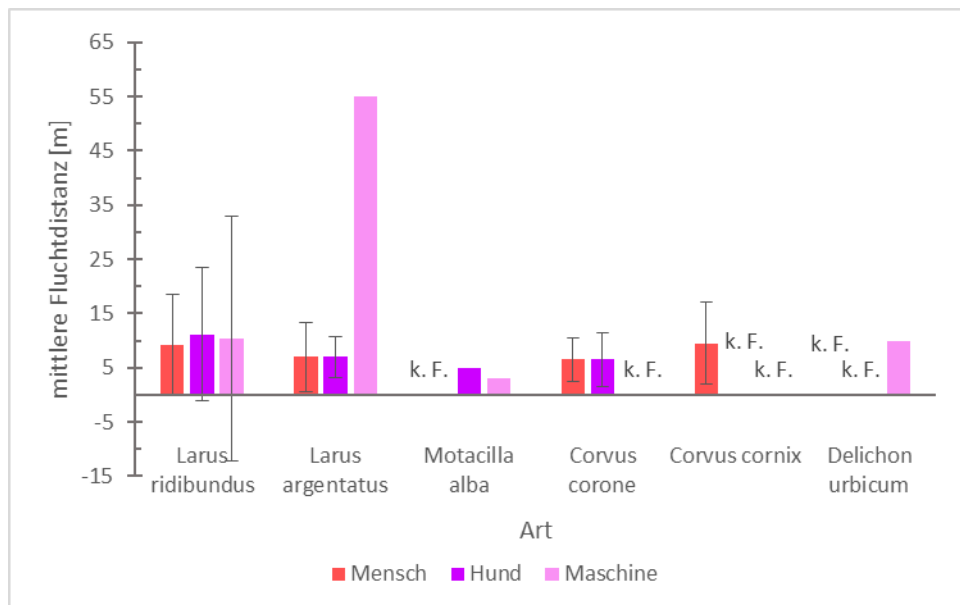


Abb. 22: Mittlere Fluchtdistanzen und dazugehörige STABW der vor den Reizen geflüchteten Arten (n = 47 für *Larus ridibundus*, n = 23 für *Larus argentatus*, n = 2 für *Motacilla alba*, n = 6 für *Corvus corone*, n = 4 für *Corvus cornix*, n = 1 für *Delichon urbicum*). Dargestellt sind Daten von allen untersuchten Orten an allen Untersuchungstagen (n = 12) mit Ausnahme des 25.08. und 29.08., da dort in Timmendorf aus logistischen Gründen nur der bewirtschaftete Strand untersucht wurde und diese Daten nicht mit dargestellt sind, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, und ohne Langenwerder, da dort keine anthropogenen Reize festgestellt werden konnten.

Die größte mittlere Fluchtdistanz wurde bei *L. argentatus* beobachtet, die kleinste mittlere Fluchtdistanz zeigte sich bei *M. alba*; beide bezogen sich auf den Reiz „Maschine“ (Abbildung

22). Dieser hatte insgesamt die größte mittlere Fluchtdistanz (13,1 m), gefolgt von „Mensch“ (5,3 m) und „Hund“ (5 m).

## **4 Diskussion**

### **4.1 Menge und Zusammensetzung der Biomasse**

An der Ostsee fallen je nach Standort sehr unterschiedliche Treibsel-Mengen an (siehe Abschnitt 1.1). An den Untersuchungsstandorten der vorliegenden Studie wurden zum Beispiel von Mai bis Oktober 2010 durchschnittlich 1 kg/m FG in Zingst, 6-19 kg/m FG in Warnemünde und 5 kg/m FG in Travemünde (Lübecker Bucht nahe Haffkrug) an Biomasse gefunden (Mossbauer et al., 2012). In Timmendorf wurden bei einer Untersuchung durch Gerath & Müller (2012) zwischen 1999 und 2000 durchschnittlich 459-1065 kg/m an Biomasse vorgefunden. Das Verhältnis der Standorte zueinander entspricht diesen Untersuchungen (Abbildung 12); nur in Haffkrug wurde mehr Strandanwurf vorgefunden, als entsprechend oben genannten Quellen erwartet. Dadurch, dass die beiden oben genannten Studien unterschiedliche Jahre und unterschiedliche Zeiträume betrachten, können die Vergleichswerte jedoch verzerrt sein.

Für die südliche Ostsee sind allgemein große *Zostera*-Mengen zu erwarten (siehe Abschnitt 1.1). Für Haffkrug war der hohe Anteil von 93,8% des TG der Gesamt-Biomasse jedoch überraschend; bei Untersuchungen durch Weinberger et al. in den Jahren 2012 und 2013 in Schleswig-Holstein wurde ein Anteil von 37% TG bzw. 49% TG gefunden (Weinberger et al., 2013 in Weinberger et al., 2020). Auch die Menge der Gesamt-Biomasse war in Haffkrug groß (Abbildung 12), was dem moderaten Bedeckungsgrad (Tabelle 4) am Haffkruger Strand widerspricht. Daher ist nicht auszuschließen, dass es sich hierbei um einen Schätzfehler des Bedeckungsgrades oder um einen Messfehler des Gewichts der Biomasse handeln könnte. Dies konnte rückwirkend nicht mehr evaluiert werden.

In Zingst wurde wie erwartet eine niedrige Menge an Biomasse gefunden (Abbildung 12). In Warnemünde / Diedrichshagen wurde mehr Biomasse vorgefunden als nach Aussage von Roger Schult, (Technischer Dienst Rostock) erwartet; das Verhältnis zu Zingst entspricht aber der Studie von Mossbauer et al. (2012). In Timmendorf wurde eine wie erwartet hohe Menge an Biomasse gefunden, auch wenn kein alter Strandanwurf vorlag. Auf Poel sind starke



Schwankungen in der Menge des Strandanwurfes aber häufig, abhängig von Strömungsverhältnissen, Windrichtung und Jahreszeit (Otten, 2016). In Haffkrug und auf Langenwerder waren die größten Mengen an *Zostera* sp. zu finden (Tabelle 5). Auch hier ist jedoch nicht klar, ob das Gewicht der Haffkruger Probe korrekt ermittelt wurde.

In Warnemünde / Diedrichshagen wurde ein kleinerer Anteil an *Zostera* sp. (18,3% TG) als an Rhodophyceae (36% TG) gefunden (Tabelle 5). Hier ist auch der Anteil der Phaeophyceae klein (1,6% TG), da es vor Warnemünde nur wenig Makrophytenbestände gibt (Fürhaupter & Meyer, 2015). In Warnemünde / Diedrichshagen wurde jedoch ein großer Anteil an Chlorophyceae (33% TG) gefunden, die an der Ostsee in der Regel nur einen kleinen Teil des Strandanwurfes ausmachen (Mossbauer et al., 2012).

Die Artzusammensetzungen der verschiedenen Familien entsprachen an den meisten Standorten den Erwartungen. Alle gefundenen Arten sind häufig in der Ostsee (Fürhaupter & Meyer, 2015; Mossbauer et al., 2013; Otten & Kischkat, 2018; Weinberger et al., 2020). Es wurde jedoch sowohl anteilig [%] als auch absolut [ $\text{g}/\text{m}^2$ ] weniger *Fucus* sp. vorgefunden als nach Mossbauer et al. (2012) erwartet (Tabelle 5). Die Gründe hierfür konnten im Rahmen der Untersuchung nicht festgestellt werden und bedürfen weiterführende Untersuchungen, ob dies eine natürliche Schwankung oder einen Trend in der Änderung der *Fucus*-Biomasse in der Ostsee darstellt. Generell sind bei derartig kleinen Mengen im [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]-Bereich Fehler in der Messung nie ganz auszuschließen.

Da der Großteil der Algen schon im Spülsaum-Bereich schnell zersetzt wird, wurde im alten Strandanwurf zu insgesamt 93% TG das sich langsamer zersetzende *Zostera* sp. gefunden (Tabelle 5). Im neuen Strandanwurf waren es 84,7% TG. Die *Zostera*-Bündel können zusätzlich Sand und Nährstoffe akkumulieren. Somit sind sie ein wichtiger Bestandteil zur Dünenbildung (Feike, 2004, Suursaar, 2014). Die an den trockenen Strand grenzenden Dünen-Ökosysteme werden meist von einer reichen Flora besiedelt und ziehen damit eine ebenso reiche Fauna nach sich (Schumacher, 2008). Sie dienen vielen Vögeln als Bruthabitat (Neuling, 2012). Da durch die regelmäßigen Strandreinigungen in den bewirtschafteten Gebieten meist wenig bis kein alter Strandanwurf am Strand verbleibt, kann die Bildung natürlicher Dünen dort eingeschränkt sein.

Der alte Strandanwurf ist dabei weniger attraktiv für die Avifauna, da es dort meist eine weniger diverse Makrofauna und weniger Makroalgen gibt (Schumacher, 2008). Makroalgen sind jedoch für viele Invertebraten eine besser verwertbare Nahrungsquelle als *Zostera* sp. Seegräser

enthalten nämlich schwer verwertbare Polysaccharide, die oft erst durch Bakterien und Pilze aufgeschlossen werden müssen, um verdaut werden zu können. Eine Ausnahme sind Nematoden, welche *Zostera* sp. direkt aufnehmen können (Feike, 2004; Schumacher, 2008). In dieser Studie wurde an allen Standorten mehr Fauna im neuen als im alten Strandanwurf gefunden (Abbildung 13), was dem entsprechen würde. Aber auch hier können aufgrund des kleinen Gewichts im  $[g/m^2]$ -Bereich Fehler der Messung nicht ausgeschlossen werden. Die Verhältnisse der Menge an Fauna an den Untersuchungsstandorten korrespondiert jeweils mit den Mengen an gefundener Biomasse (Abbildung 12); nur in Timmendorf wurde verhältnismäßig mehr Fauna gefunden (bezüglich Menge der Biomasse an letzter, bezüglich Menge der Fauna an dritter Stelle aller Standorte). Zu beachten ist hierbei, dass es sich bei der Fauna in den Biomasse-Proben um nicht bestimmbares, unbelebtes Kleinmaterial gehandelt hat, das nicht den wahren Gehalt der Fauna im Treibsel widerspiegeln muss.

Obwohl im alten Strandanwurf weniger Fauna vorhanden war, wurden außer im Referenzgebiet (dort Aufenthaltsort aller Vögel am Spülsaum) an jedem Strand Vögel beobachtet, die am trockenen Strand abseits des Spülsaumes gefressen haben (siehe Abschnitt 3.2.3). Hierbei war nicht immer klar, ob Organismen des Sediments oder die Fauna im alten Strandanwurf als Nahrungsquelle dienten. Der Interstitialbereich von Mittelsand kann als Habitat für Tiere mit einem Körperdurchmesser von bis zu 0,3 mm dienen, welche in vielen Fällen unter die bevorzugte Nahrung von Brutvögeln in Deutschland fallen (Gerlach, 1994; Wahl et al., 2014). Viele der Invertebraten können nach Schumacher (2008) aber nicht in trockenem Sand überleben, sondern brauchen Feuchtigkeit in ihrem Habitat. In Warnemünde, wo der höchste Wassergehalt im Sediment festgestellt wurde (Abbildung 11b), konnte auch der größte Anteil fressender Vögel am trockenen Strand beobachtet werden (44,1% aller fressenden Vögel, siehe Abschnitt 3.2.3). Hier könnte also eine reiche Fauna im Sediment als Nahrungsquelle für die Vögel vorhanden gewesen sein; auch, weil kaum alter Strandanwurf als alternativer Ort zur Futtersuche vorgefunden wurde (Abbildung 12). Umgekehrt war der Feuchtigkeitsgehalt der Sedimentprobe aus Timmendorf niedrig; es war kein alter Strandanwurf vorhanden und es fraßen nur 20% aller fressenden Vögel am trockenen Strand. Die Sedimentprobe aus Zingst hatte den niedrigsten Feuchtigkeitsgehalt, dennoch fraßen 57% der fressenden Vögel auch am trockenen Strand; hier war die Menge an altem Strandanwurf auch größer als in Timmendorf und Warnemünde. Es könnten also sowohl eine Infauna im alten Treibsel als auch Organismen des Sediments für die Vögel als Nahrungsquelle gedient haben. Um dies zu evaluieren, wäre aber eine genauere Untersuchung des alten Strandanwurfes und des Sediments als Habitat einer

Mikro- und Meiofauna nötig, ebenso wie eine Qualifizierung und Quantifizierung dieser Fauna. Dies war im Rahmen dieser Studie jedoch nicht möglich.

Die hohe lokale und saisonale Variation der Zusammensetzung und Menge der Biomasse (siehe Abschnitt 1.1) erschwert den Literaturvergleich mit den ohnehin wenigen internationalen Studien. Umweltfaktoren, die das Wachstum und die Akkumulation von Algen und Seegräser beeinflussen, greifen komplex ineinander und machen Voraussagen von Mengen und Zusammensetzungen und eine Interpretation der Daten schwierig.

## **4.2 Charakterisierung der Avifauna**

### **4.2.1 Abhängigkeit der Abundanzen und Biodiversität vom Habitat**

Bei der Wasservogelzählung in der Zug- und Überwinterungssaison 2018/2019 wurden zwischen September und April insgesamt 97 Wasservogelarten an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns beobachtet (SPW von 57 Arten im Dezember bis 73 Arten im Oktober) (BIOM, 2020). In der Region „Küste“ wurden dabei im Vergleich zum Binnenland die meisten Vögel gezählt (66% aller Wasservögel), was die Bedeutung der Küste als Habitat für die Tiere hervorhebt. Die 17 Vogelarten, die in der vorliegenden Studie beobachtet wurden, machen nur einen Bruchteil davon aus. Das Monitoring von Wasservögeln konzentriert sich üblicherweise auch auf das Winterhalbjahr (September bis April). In diesem Zeitraum erreichen die meisten Vogelarten die Maxima ihrer Rastbestände. So können deren Gesamtbestand, Verbreitung und jahreszeitliches Vorkommen überwacht und Änderungen festgestellt werden ([https://www.ornitho.de/index.php?m\\_id=1](https://www.ornitho.de/index.php?m_id=1)). Untersuchungen der Küstenvögel in den Sommermonaten sind also unter Umständen nicht repräsentativ, was die Arten- und Individuenzahlen betrifft; dennoch sind Studien in der Hochsaison des Tourismus nötig, um den Einfluss den Menschen auf die Tiere ermitteln zu können.

Im Untersuchungszeitraum waren die durchschnittliche Individuenzahl pro Stunde und die Artenvielfalt in den von Menschen beeinflussten Gebieten geringer als im Referenzgebiet (Abbildung 14, Abbildung 15). Alle vorgefundenen Vogelarten an touristisch genutzten Stränden ließen sich in die ökologische Gruppe der Kulturfolger einordnen (Tabelle 6). Kulturfolger sind wildlebende Arten, die aktiv die Nähe des Menschen suchen; meist handelt es sich dabei um stark anpassungsfähige Generalisten (Gunawan, 2015; Powolny, 1963). Die anthropogen beeinflussten Habitat-Bedingungen führen mit der Zeit zu Verhaltensänderungen

dieser Arten. So lassen sich zum Beispiel in Städten dichtere Populationen, verkleinerte Territorien, reduziertes Zug- und Wanderverhalten, verlängerte Brutsaison (meist wärmeres Klima in Städten), Verhaltensänderungen bei der Futtersuche (Futter ständig und leicht zugänglich) und eine größere Zutraulichkeit gegenüber Menschen im Vergleich mit Wildpopulationen derselben Art beobachten (Gunawan, 2015; Luniak, 2014). Die Nähe zum Menschen kann aber auch Nachteile für die Tiere haben. Durch oftmals reduzierte Prädation kann sich zwar die Lebensspanne verlängern; da dadurch aber auch kranke und schwache Individuen länger überleben, wird die Fitness der Population reduziert. Hinzu kommen noch mögliche tödliche Kollisionen mit Fahrzeugen oder Glaswänden (Luniak, 2014). Trotzdem ergeben aus der Nähe des Menschen viele Vorteile für die Tiere. Sie finden beispielsweise den Speiseresten des Menschen eine leicht zugängliche und energiereiche Nahrungsquelle; der Mensch hält durch seine Anwesenheit viele natürliche Prädatoren fern und Gebäude können als Ersatz für Nistplätze dienen (Pollack, 2008; Langer, 2014). Besonders bei *L. canus* kann letzteres häufig beobachtet werden (Neuling, 2014).

Zu den beobachteten Kulturfolger dieser Untersuchungen zählen die zehn Arten *L. ridibundus*, *L. argentatus*, *L. canus*, *C. cornix*, *C. corone*, *C. palumbus*, *D. urbicum*, *A. platyrhynchos*, *M. alba* und *P. carbo* (Tabelle 6). Alle diese Arten sind häufig an der Ostsee zu finden (NABU o. J.; <https://ornithologie-goettingen.de/2009/10/25/der-kormoran-phalacrocorax-carbo-vogel-des-jahres-2010-in-sued-niedersachsen/>). Generell ist es aber schwierig zu bestimmen, wie viele Arten von Kulturfolgern es insgesamt gibt, da die Definition des Begriffes breit ist; so gibt es Fälle, bei denen die Zuordnung nicht eindeutig ist. Ein Beispiel sind Arten, die gezielt anthropogen veränderte Areale besiedeln, wie zum Beispiel Forstflächen, aber dennoch die direkte Nähe des Menschen meiden (Povolný, 1963).

Bewirtschaftete Strände weisen meist eine ausgeprägte touristische Infrastruktur (Sanitär- und gastronomische Einrichtungen, Sportstätten etc.) auf und werden deshalb von mehr Strandgästen genutzt. Dadurch findet man dort auch mehr Kulturfolger vor, weil sie dort viele Nahrungsquellen vorfinden. So können sie sich die Energie einer Jagd oder langwierigen Futtersuche in der Natur sparen. Besonders *L. argentatus* kann häufig beim der Futtersuche in Abfallbehältern oder auf Müllkippen beobachtet werden (Neuling, 2012). Vermutlich war dies der Hauptgrund für die höhere beobachtete durchschnittliche Individuenzahl pro Stunde an den bewirtschafteten Stränden (Abbildung 14). Die Biodiversität unterschied sich zwischen bewirtschafteten und nicht bewirtschafteten Stränden aber kaum (Abbildung 15).

Die durchschnittlichen Individuenzahlen pro Stunde waren in Diedrichshagen (15 Individuen pro Stunde, Abbildung 14) niedriger als in Warnemünde (21 Individuen pro Stunde). Auch das lässt vermuten, dass viele der dort vorkommenden Kulturfolger sich eher im Ortskern aufhielten als an abgelegenen Orten.

Die weit verbreitete Gattung *Larus* wurde an allen Standorten beobachtet. Empfindliche Arten wie *C. hiaticula*, *H. ostralegus*, *Sterna* sp. und alle Scolopacidae kamen dagegen nur im Naturschutzgebiet vor (Tabelle 6). Diese sind Bodenbrüter und brauchen daher ungestörte Bereiche zum Schutz ihrer Nester (NABU o. J.). Um Schutz vor Prädatoren zu finden, sind viele Vogelarten außerdem auf großflächige Bereiche mit ausreichend Versteckmöglichkeiten angewiesen (Wahl et al., 2015). Da der Großteil der Landschaft Deutschlands durch den Menschen genutzt wird, fehlen diese außerhalb der Schutzgebiete häufig. Um eine möglichst naturnahe Biodiversität der Küstenvögel zu erhalten, müssten mehr Gebiete geschützt und frei von menschlichen Einflüssen sein. (Langer, 2014; Wahl et al., 2015). Der positive Effekt geschützter Gebiete zeigt sich in der hohen Biodiversität auf Langenwerder (Abbildung 15).

Überraschend war es, dass *L. canus* nicht auf Langenwerder vorgefunden wurde (Tabelle 6), da diese Art als „prägend“ für das Bild der Insel bezeichnet wird. *L. canus* zieht jedoch einerseits zu großen Teilen Anfang August in die Überwinterungsgebiete ins Binnenland und sucht sich andererseits häufig im Umland ihre Nahrung, zum Beispiel auf Feldern (Brenning & Nehls, 2012; NABU o. J.). Das könnte die niedrige Individuenzahl in dieser Studie erklären.

#### **4.2.2 Abhängigkeit der Abundanzen und Biodiversität von potenziellen Futterquellen**

Vögel am Spülsaum schienen diesen zumindest in den nicht bewirtschafteten Gebieten als Ort zur Nahrungssuche zu nutzen (Abbildung 16). Dies kann am Vorhandensein der Treibsel-Biomasse (Abschnitt 4.1), aber auch an der höheren Besiedlung mit Meiofauna liegen. An den Spülsäumen der Ostseestrände gibt es unter anderem circa 20 Arten der Collembola, 15 Arten der Nematocera, 35 Arten der Brachycera, 45 Arten der Coleoptera und einige Amphipoda, Nematoda und Oligochaeta (Heydemann, 1997; Jędrzejczak, 2002). Die Menge der vorhandenen Treibsel-Biomasse (Abbildung 12) scheint aber nicht ausschlaggebend für die Menge der fressenden Vögel zu sein. Beispielweise wurden größte Anteil fressender Vögel an der Gesamt-Individuenzahl in Zingst als Ort mit der geringsten Treibsel-Menge beobachtet (Abbildung 16, siehe Abschnitt 3.2.3).

An fünf von neun Stränden konnten weniger als die Hälfte der Individuen am Treibsel auch beim Fressen beobachtet werden (Abbildung 16). Die Relevanz des Spülsaums als wichtigste

Nahrungsquelle der Tiere am Strand ist hiernach also nicht ganz eindeutig. Hinzu kommt noch, dass viele der Vögel einen großen Bewegungsradius am Strand aufgewiesen und rasch ihren Aufenthaltsort gewechselt haben. Daher ist auch hier häufig nicht klar festzustellen, ob die Infauna des Treibseils am Spülsaum, Organismen des Sediments oder – im Fall der Kulturfolger – Speisereste des Menschen als Futterquelle der fressenden Tiere gedient haben (siehe Abschnitt 4.1). Alle in dieser Studie beobachteten Kulturfolger sind Omnivore; sie haben ein breites ökologisches Nahrungsspektrum, somit halten sie sich daher auch häufig auch in anderen Habitaten als dem Strand für die Futtersuche auf (Langer, 2014). Auch das kann die niedrige Anzahl fressender Vögel am Spülsaum in den touristisch genutzten Gebieten erklären. Die einzige kulturfolgende Art, die nie bei der Nahrungsaufnahme am Spülsaum beobachtet werden konnte, ist die rein fischfressende Art *P. carbo* (NABU o. J.). Von dieser wurden auch nur zwei Exemplare beobachtet (siehe Abschnitt 3.2.2).

Jene sieben Arten, die nicht den Kulturfolgern zugeordnet werden, scheinen eine Bevorzugung des Spülsaums als Ort der Nahrungsaufnahme im Vergleich mit den Kulturfolgern zu haben (Abbildung 17, Abbildung 18). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass diese nur im Referenzgebiet beobachtet werden konnten. Somit waren keine Störungen der Tiere bei der Nahrungsaufnahme gegeben, im Gegensatz zu jenen an den touristisch genutzten Stränden. Dennoch sind die meisten der nicht kulturfolgenden Arten Insektenfresser, die in der Treibsel-Biomasse entsprechende Beutetiere finden (siehe Abschnitt 4.1) und daher gegebenenfalls weniger alternative Futterquellen haben als Omnivore. Ungewöhnlich war der kleinere Anteil fressender Sandregenpfeifern (25% der Gesamt-Individuen von *C. hiaticula* fressend, Abbildung 18), da diese gewöhnlich sehr häufig bei der Nahrungssuche im Treibsel beobachtet werden können (Gerath & Müller, 2012). Es wurden jedoch insgesamt auch nur acht Exemplare von *C. hiaticula* beobachtet. *Sterna* sp. wurde nie beim Fressen beobachtet; die Art ernährt sich hauptsächlich von Fisch (Dugan et al., 2003; NABU o. J.).

### **4.2.3 Anthropogene Effekte am Strand**

Die Küsten Deutschlands werden zunehmend vom Menschen genutzt. Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein gemeinsam haben ungefähr 450 km Sandstrand, wovon 352 km intensiv touristisch genutzt werden; weniger intensiv beziehungsweise extensiv touristisch genutzt werden insgesamt 56,1 km. 11 km der Sandstrände befinden sich in militärischen Sperrgebieten. Nur 22 km befinden sich in den Kernzonen von Naturschutzgebieten oder Nationalparks und werden somit nicht durch den Menschen betreten (Schumacher, 2008).

Die größte Gefahr für das Ökosystem Strand ist nach Schumacher (2008) dabei der Massentourismus, vor allem durch touristische Infrastruktur- und Transporteinrichtungen. Diese führen zu Habitatverlust und -fragmentierung, Umweltverschmutzung und Lärmbelastung (Davenport & Davenport, 2006; Schumacher, 2008). Der zunehmende Bau von Promenaden und Gehwegen an den Küsten führt unter anderem zur Bodenversiegelung und zu Habitatverlust, was sich negativ auf die Diversität der Flora und Fauna und damit auch auf die Vögel auswirkt. (Davenport & Davenport, 2006).

Küstenschutzmaßnahmen wie Buhnen oder Molen ändern die Strömungsverhältnisse und die Anlandungs- und Abtragungsprozesse von Sand an der Küste (Davenport & Davenport, 2006). Häufig werden vor allem in Mecklenburg-Vorpommern an abtragungsgefährdeten Küsten Sandaufspülungen als Küstenschutzmaßnahme vorgenommen. Weiterhin wird Sand auch als „stranderweiternde“ Maßnahme aufgespült, um mehr Platz für Besucher zu schaffen (Schernewski, 2005). Sandaufspülungen vernichten oft artenreiche Ökosysteme in den Abbaugebieten und überdecken jene in den Aufschüttungsgebieten mit Sand; außerdem greifen sie in die natürliche Sediment- und Transportdynamik der Strände ein, was ebenfalls die Mengen an Treibsel beeinflussen kann (Mossbauer et al., 2012; Schumacher, 2008). Deiche, Dünen und Buhnen verringert sich die Sandabtragung und die natürliche Dynamik des Strandes ändert sich. So werden die Strände für den Tourismus künstlich aufrechterhalten (Schernewski, 2005).

Auch die Bodenverdichtung und -umwälzung durch Fahrzeuge und Maschinen sowie Trittbelastung durch Strandbesucher führen zu ähnlichen negativen Effekten auf die Biodiversität. Das ständige Umgraben und das Aufwühlen des Bodens durch schweres Gerät, aber auch durch Fußgänger, zerstören das Habitat der Invertebraten im Boden. So ziehen diese sich zu großen Teilen von stark frequentierten Stränden zurück (Dugan et al., 2003; Hubbard & Dugan, 2003; Schumacher, 2008). Beispielweise wurde bei einer Untersuchung durch Schumacher (2008) in Warnemünde im Jahre 2006 keine Meio- und Makrofauna am Strand vorgefunden. Neben der Verdichtung des Bodens durch Maschinen führt die Trittbelastung durch den Menschen zu einer Verarmung der Flora und Fauna des Strandes. Sie kann mechanische Schäden der Flora am Strand verursachen, welche zu verringerter Wuchshöhe und Blattlänge, zum Abbrechen von Pflanzenteilen oder Ausreißen der gesamten Pflanze führen können (Schumacher, 2008; Seer et al., 2015). An den Küstendünen kann es zu einer Reduzierung der Vegetationsbedeckung kommen, was diese anfällig für Erosion macht. Deswegen werden viele Dünen heute durch Anpflanzung von Strandhafer künstlich stabilisiert

(Seer et al., 2015; Zerbe, 2019). Laut Schumacher (2008) ist an stark vom Menschen genutzten Stränden oft keine natürliche Sukzession für die Strandflora mehr möglich. Angepflanzte Monokulturen in den Dünen bestimmten die Vegetation; viele Strände sind ganz vegetationsfrei.

Die starke Nutzung der Strände durch den Menschen wirkt sich neben den Effekten auf das Sediment und die Dünen-Ökosysteme auch direkt auf die Avifauna aus. Vögel reagieren stark auf visuelle und akustische Störungen in ihrem Lebensraum. An touristisch genutzten Stränden sind das zum Beispiel Motorboote, Kitesurfer oder Strandreinigungsmaschine, aber auch Strandbesucher selbst. Kleine, motorisierte Wasserfahrzeuge ohne Außenmotor wie Jet-Skis können in Flachwasserbereiche eindringen, wo sie die natürlichen Brut- und Futterplätze der Tiere stören. Diese Fahrzeuge haben eine lange Bremsstrecke (80-150 m bei Höchstgeschwindigkeit), auf der sie von den Tieren nicht gehört werden können. Das erhöht die Gefahr von Kollisionen, sowohl mit Vögeln als auch mit badenden Strandbesuchern (Davenport & Davenport, 2006). Aber auch einfaches Baden kann bereits Scheuch-Effekte auf die Tiere zeigen (Neuling, 2012; Wahl et al., 2015).

Obwohl der größte Anteil der flüchtenden Tiere vor dem Reiz „Hund“ geflüchtet sind (Abbildung 20), waren die zugehörigen Fluchtdistanzen dieses Reizes im Durchschnitt am kleinsten. Die größte mittlere Fluchtdistanz der Tiere konnte beim Reiz „Maschine“ beobachtet werden (Abbildung 22, Abschnitt 3.2.4). Nach Julia Teich (Staatsexamensarbeit, Februar 2021) scheint hierfür jedoch nicht die Lärmbelastung ausschlaggebend zu sein, sondern eher der optische Reiz. Da dieser jedoch bei drei betrachteten Reizen gegeben ist, sind die unterschiedlichen Reaktionen der Tiere schwer zu bewerten. Maschinen und Hunde scheinen dennoch einen größeren Einfluss auf den Fluchtinstinkt der Vögel zu haben als der Mensch für sich allein (Abbildung 20). Hunde ähneln auch den natürlichen Prädatoren der Vögel (Brenning & Nehls, 2012; Langer, 2014). Sie bewegen sich ferner schnell und für die Vögel unvorhersagbar. Eine Habituation an einen Reiz und eine nachfolgende Verkürzung der Fluchtdistanz ist jedoch meist nur bei häufig vorkommenden und stetig gleichbleibenden Reizen möglich (Bergmann, 1987 in Bergmann & Wille, 2001), was wiederum auf die Strandreinigungsmaschinen zutrifft. Mehr Details hierzu werden bei Julia Teich (Staatsexamensarbeit, Februar 2021) beschrieben.

Die mittlere Fluchtdistanz von *L. argentatus* vor dem Reiz „Maschine“ scheint überproportional groß zu sein, im Vergleich zu den Fluchtdistanzen dieser Art vor „Mensch“ und „Hund“ und im Vergleich zu den Fluchtdistanzen der anderen Kulturfolger (Abbildung



21). Hierbei ist zu beachten, dass die Fluchtdistanzen in dieser Untersuchung nach Augenmaß geschätzt und nicht vermessen wurden. Die Genauigkeit der Daten in diesem Punkt kann also nicht garantiert werden, was deren Interpretation ebenfalls schwierig macht.

Insgesamt zeigt der Großteil der im Rahmen dieser Studie beobachteten Tiere zeigte keine Reaktion auf anthropogen verursachte Reize am Strand (Abbildung 19). Sämtliche bei anthropogen verursachten Reizen anwesenden Arten waren auch Kulturfolger (siehe Abschnitt 3.2.2), die bereits in ihrem Verhalten auf die meisten Reize konditioniert waren (Gunawan, 2015). Jene Vogelarten, die einen ausgeprägten Fluchtinstinkt gegenüber Reizen haben und beispielweise für die Brut ungestörte Areale benötigen, haben sich wahrscheinlich bereits komplett in ungestörte Gebiete zurückgezogen (von Frisch, 1994 in Pollack, 2008). Doch obwohl die Kulturfolger in dieser Studie aktiv anthropogen beeinflusste Areale aufsuchen, scheinen sie selten direkt durch den Menschen angelockt zu werden (Abbildung 19). Sie profitieren also wahrscheinlich nicht vom Menschen und dessen Anwesenheit direkt, sondern eher von den anthropogen verursachten Änderungen des Habitats (siehe Abschnitt 4.2.1). So wurden beispielweise einige Vögel in Zingst dabei beobachtet, in den Fahrspuren des Beach Cleaners nach Nahrung zu suchen.

Die fünf Arten, bei denen Fluchtverhalten beobachtet werden konnte (*L. ridibundus*, *L. argentatus*, *M. alba*, *C. cornix*, *C. corone*) (Abbildung 21) waren auch jene mit recht hohen Gesamt-Individuenzahlen (siehe Abschnitt 3.2.1). Die Interpretation wird somit gegenüber den vier Arten mit weniger beobachteten Individuen erschwert. Einzig von *A. platyrhynchos* wurden recht hohe Individuenzahlen, aber kein Fluchtverhalten festgestellt. Diese Art hielt sich jedoch meist an Strandbereichen abseits von Menschen auf und kam so kaum direkt mit Reizen in Berührung.

Trotz allen Gefährdungen für das Ökosystem Strand, die von maschinellen Strandreinigungen ausgehen, kann diese in manchen Aspekten durchaus ökologisch sinnvoll sein. So wird neben dem Treibsel auch anthropogener Müll vom Strand entfernt (Davenport & Davenport, 2006). Dieser stellt besonders in großen Mengen eine Gefahr für die Tiere am Strand und in den Küstengewässern dar, da diese im Wasser beispielweise in Fischernetzen hängen bleiben und sich verletzen können. Vor allem Plastikmüll wird auch häufiger mit Nahrung verwechselt oder Kleinteile werden versehentlich beim Fressen mit aufgenommen. Dies kann zu Verletzungen des Verdauungstraktes führen, oder dazu, dass die Tiere mit vollem Magen verhungern. Noch effektiver als eine Reinigung des Strandes ist es jedoch, den Müll von vorneherein zu vermeiden (NABU o. J.).

Weiterhin kann es sinnvoll sein, das Treibsel wegzuräumen, wenn große Mengen davon anfallen, da sich dann auch die Menge der austretenden Nährstoffe erhöht; Algen und Seegras können außerdem mit Schwermetallen belastet sein. Durch Beräumungsmaßnahmen kann verhindert werden, dass diese zurück in die Ostsee gelangen und die dort häufige Eutrophierung noch verstärken oder toxische Effekte auf die Ökosysteme unter Wasser ausüben (Schnepper, 2017).

### **4.3 Fazit**

Die erste Hypothese (siehe Abschnitt 1.4) scheint sich nicht so stark zu bewahrheiten. Den Spülsaum nutzten an den bewirtschafteten Stränden weniger als die Hälfte der Tiere als Ort zur Nahrungssuche (29%). An den nicht bewirtschafteten Stränden mit 56% und am ungestörten Strand im Referenzgebiet mit 66% waren es mehr (Abbildung 16). Es kann an der Ungestörtheit des Schutzgebietes liegen, dass die Vögel sich dort in größerer Zahl zur Nahrungsaufnahme versammelten. Aber auch das ökologische Nahrungsspektrum der Arten ist ausschlaggebend. Die omnivoren Kulturfolger nutzen oft andere Orte zur Nahrungssuche als den Spülsaum; für die carnivoren, insektenfressenden Arten im Referenzgebiet gibt es am Strand neben der Infauna im Treibsel weniger alternative Möglichkeiten. Für die Insektenfresser könnte die Ausweisung von Schutzgebieten beziehungsweise das Unterlassen von Reinigungsaktivitäten an bestimmten Strandabschnitten also sinnvoll sein.

Es lag eine geringere Biodiversität in den touristisch genutzten Gebieten gegenüber dem Referenzgebiet vor. Die Individuenzahlen waren trotz der vielen Reize in den bewirtschafteten Gebieten leicht höher als in den nicht bewirtschafteten. Ein Scheuch-Effekt durch anthropogen verursachte Reize auf die Kulturfolger ist zwar gegeben (Abbildung 19, Abbildung 20), jedoch bei diesen Arten scheinbar nur mit kurzfristiger Wirkung, da sie sich meist rasch anpassen (siehe Abschnitt 4.2.1). Die durchschnittlichen Individuenzahlen pro Stunde waren auf Langenwerder am höchsten (Abbildung 14), ebenso wie die Biodiversität (Abbildung 15). Anthropogene Effekte beeinflussen also sowohl das Verhalten der Tiere als auch die Artzusammensetzung, wie in der zweiten Hypothese angenommen; hierbei sind sowohl wobei positive Effekte zu beobachten (Kulturfolger), jedoch auch negative, was die allgemeine Diversität der Avifauna betrifft.

## 5 Literaturverzeichnis

- Acharya, M. S.; Rauchecker, M., Wu, W. (2014):** Determination of water absorption and water holding capacities of different soil mixtures with MINIDRAIN system to enhance the plant growth. Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-11571-1, EGU General Assembly 2014, 1 Seite
- Ahrendt, K. (2019):** Treibsel und Seegras im Küstenschutz. In: Coastline Reports 26, S. 21-26
- Aldag, S. (2018):** Ökologische Aspekte der stofflichen Verwertung von Seegras. Masterarbeit, Universität Rostock, 96 Seiten
- Ball, J. (2011):** Soil and Water Relationships. The Samuel Roberts Noble Foundation, Inc., 3 Seiten
- Barthel, P. H. (2002):** Vögel an Strand und Küste. 2. Auflage, Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. KG; Stuttgart, 93 Seiten
- Bergmann, H. (1987):** Die Biologie des Vogels. Eine exemplarische Einführung in Bau, Funktion und Lebensweise. Aula, Wiesbaden. 356 Seiten (Originalpublikation zum Zeitpunkt des Verfassens nicht vorliegend)
- Bergmann, H.; Wille, V. (2001):** Flüchten oder gewöhnen? – Feindabwehrstrategien wildlebender Tiere als Reaktion auf Störsituationen. In: Laufener Seminarbeiträge 1/01, S. 17-21
- BIOM – Landschaftsökologische Gutachten und biologische Studien (2020):** Wasservogelzählung in der Zug- und Überwinterungssaison 2018/2019. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. Jarmshagen, 92 Seiten
- Blidberg, E.; Gröndahl, F. (2012):** Macroalgae Harvesting and Cultivation. In: Submariner Compendium: An Assessment of Innovative and Sustainable Uses of Baltic Marine Resources. Maritime Institute, Gdansk, S. 49-76
- Braune, W. (2008):** Meeresalgen – Ein Farbbildführer zu verbreiteten Grün-, Braun- und Rotalgen der Weltmeere, Koeltz Botanical Books, Oberreifenberg, 596 Seiten
- Brenning, U., Nehls, H. W. (2012):** Vogelinsel Langenwerder – 100 Jahre Naturschutz. Ringfundmitteilung der Vogelwarte Hiddensee Nr. 7, 2012. Verein Langenwerder zum Schutz

der Wat- und Wasservogel e.V.; Ornithologische Arbeitsgemeinschaft Mecklenburg-Vorpommern e.V., 296 Seiten

**Bürger, M. (2003):** Bodennahe Windverhältnisse und windrelevante Reliefstrukturen. In: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Klima, Pflanzen- und Tierwelt, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin, S. 52-54

**Clarke, K. R.; Warwick, R. M. (2001):** Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2<sup>nd</sup> Edition, Primer-E Ltd., Plymouth Marine Laboratory, UK, 176 Seiten

**CONTRA-Homepage (o. J.):** URL: <https://www.beachwrack-contra.eu> [Zugriff am 18.10.2020]

**Coombes, E. G.; Jones, A. P.; Sutherland, W. J. (2009):** The Implications of Climate Change on Coastal Visitor Numbers: A Regional Analysis. In: Journal of Coastal Research, 25(4), S.981-990

**Davenport, J.; Davenport, J. L. (2006):** The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science 67, S.280-292

**De Falco, G.; Simeone, S.; Baroli, M. (2008):** Management of Beach-Cast Posidonia oceanica Seagrass on the Island of Sardinia (Italy, Western Mediterranean). In: Journal of Coastal Research 24(4C), S.69-75

**Dugan, J. E.; Hubbard, D. M.; McCrary, M. D.; Pierson, M. O. (2003):** The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science 58S, S. 25-40

**Ehmer, P.; Heymann, E. (2008):** Climate change and tourism: Where will the journey lead? Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main, 27 Seiten

**EUCC (Die Küsten Union Deutschland e.v.) (Hrsg.) (2016):** Treibsel-Symposium Boltenhagen, Vortrag: Herhaus, L., 17 Seiten

**Feike, M. (2004):** Die Bedeutung des Strandanwurfs für das Ökosystem Sandstrand. Dissertation, Universität Rostock, 104 Seiten

- Figge, K.; Köster, R.; Thiel, H.; Wieland, P. (1980):** Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der Deutschen Bucht – Zwischenbericht über ein Forschungsprojekt des KFKI. Die Küste 35, S. 187-204
- Frielinghaus, M. (2011):** The Action Soil of the Year in Germany. Curator ship Soil of the Year. ZALF Müncheberg, 9 Seiten
- Fürhaupter, K.; Meyer, T. (2015):** Handlungsanweisung zum Bewertungsverfahren BALCOSIS. Bewertung des ökologischen Zustandes der Makrophyten in den äußeren Küstengewässern der Ostsee nach den Vorgaben der WRRL. Version 3, MariLim Gesellschaft für Gewässeruntersuchung mbH (Hrsg.), 40 Seiten
- Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern (1995):** Geologische Karte von Mecklenburg-Vorpommern. Maßstab 1:500.000, Schwerin
- Gerath, H.; Müller, H. (2012):** Seegras. Biologie und ökologische Bedeutung der Seegräser in Nord- und Ostsee aus globaler Sicht. Entsorgung und Verwertung des Treibgutes an der Küste Nordwest-Mecklenburgs. Hochschule Wismar, University of Applied Sciences, Technology, Business and Design; Malchow/Insel Poel, 1.085 Seiten
- Gerlach, S. A. (1994):** Das Sandlückensystem. In: Spezielle Ökologie: Marine Systeme, Springer; Berlin, Heidelberg, New York, S. 169-176
- Grave, H.; Möller, H. (1982):** Quantifizierung des pflanzlichen Strandanwurfs an der westdeutschen Ostseeküste. In: Helgoländer Meeresuntersuchungen 35, S. 517-519
- Gunawan, S. (2015):** Synanthropic Suburbia. Masterarbeit, University of Waterloo, 236 Seiten
- Haller, I.; Stybel, N.; Schumacher, S.; Mossbauer, M. (2011):** Will Beaches be enough? Future Changes for Coastal Tourism at the German Baltic Sea. In: Journal of Coastal Research, 10061, S. 70-80
- Hammann, S.; Zimmer, M. (2013):** Wind-Driven Dynamics of Beach-Cast Wrack in a Tide-Free System. In: Open Journal of Marine Science 4, S. 68-79
- Heydemann, B. (1997):** Lebensgemeinschaften (Ökosysteme) in Schleswig-Holstein. Meeressandstrand. In: Neuer Biologischer Atlas. Ökologie für Schleswig-Holstein und Hamburg, Wachholtz Verlag, Neumünster, S. 117-128

**Hubbard, D. M.; Dugan, J. E. (2003):** Shorebird use of an exposed sandy beach in southern California. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science 58S, S. 41-54

**Hupfer, P. (2010):** Vom Eis geformt – der Ostseeraum. In: Die Ostsee – kleines Meer mit großen Problemen. 5. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 11-35

**Jarick, P.; Wieland, M. (2016):** Fallstudie zur Akzeptanz von alternativen Strandberäumungsverfahren: Eine Befragung der Strandnutzenden zu ihrem Abfallverhalten am Strand des Ostseeheilbads Zingst und daraus hervorgehende Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Strandberäumung und -nutzung. Fallstudie, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 76 Seiten

**Jędrzejczak, M. F. (2002):** Stranded *Zostera marina* L. vs wrack fauna community interactions on a Baltic sandy beach (Hel, Poland): a short-term pilot study. Part II. Driftline effects of succession changes and colonization of beach fauna. Oceanologia, 44 (3), S. 367-387

**Jensen, K. (2017):** Treibselanfall an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste: Entstehung und Probleme im Zeichen des Klimawandels. Masterarbeit, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 42 Seiten

**Jonassen, O. (2018):** *Zostera marina* im Strandanwurf – Standortdifferenzierte Analyse in der Kieler Bucht. Bachelorarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 34 Seiten

**Kovaleva, O.; Chubarenko, B. V.; Pupienis, D. (2016):** Grain size variability as an indicator of sediment transport alongshore the Curonian Spit (south-eastern Baltic Sea). In: Baltica Volume 29 Number 2, S.145-155

**Kühnle, S. (2011):** Die Treibselproblematik an der Ostküste Schleswig-Holsteins. Bachelorarbeit, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 54 Seiten

**Kur- und Tourismus GmbH Zingst (2019):** Zingst Tourismusinformation. Übersichtskarte. Stand: 01/2019

**Langer, H. (2014):** Die Landflucht der Wirbeltiere. Auf der Suche nach neuem Lebensraum? Universität Hannover, 22 Seiten

**Luniak, M. (2004):** Synurbization – adaptation of animal wildlife to urban development. In: Proceedings 4<sup>th</sup> International Urban Wildlife Symposium, Shaw et al., 2004 (Hrsg.), S. 50-55

**MELUND-SH (2014):** Fachplan Küstenschutz Ostseeküste: Zahlen Daten Fakten. 2 Seiten, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, URL: [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/Presse/PI/PDF/2014/Fachplan\\_Kuestenschutz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/V/Presse/PI/PDF/2014/Fachplan_Kuestenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=1) [Zugriff am 26.02.2021]

**MELUR-SH (2013):** Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein. Fortschreibung 2012. 100 Seiten, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein (Hrsg.). Kiel. URL: [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/kuestenschutz/Downloads/Generalplan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/kuestenschutz/Downloads/Generalplan.pdf?__blob=publicationFile&v=1) [Zugriff am 26.02.2021]

**MLUV-MV (2009):** Regelwerk Küstenschutz Mecklenburg-Vorpommern. Übersichtsheft. Grundlagen, Grundsätze, Strandortbestimmung und Ausblick. 102 Seiten, Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock, Abteilung Küste. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV (Hrsg.). Schwerin. URL: [http://service.mvnet.de/\\_php/download.php?datei\\_id=10879](http://service.mvnet.de/_php/download.php?datei_id=10879) [Zugriff am 26.02.2021]

**Mossbauer, M.; Haller, I.; Dahlke, S.; Schernewski, G. (2012):** Management of stranded eelgrass and macroalgae along the German Baltic coastline. In: Ocean & Coastal Management, 57, S.1-9

**Mossbauer, M.; Dahlke, S.; Friedland, R.; Schernewski, G. (2013):** Consequences of Climate Change and Environmental Policy for Macroalgae Accumulations on Beaches along the German Baltic Coastline. In: Climate Change Adaptation in Practice: From Strategy Development to Implementation. First Edition, S. 215-224, John Wiley & Sons, Ltd.

**NABU-Homepage (o. J.):** URL: <https://www.nabu.de> [Zugriff am 26.02.2021]

**Neuling, E.; Cimiotti, D.; Ossenkop, M. (2012):** Vogelparadies Wattenmeer. NABU-Bundesverband, Berlin, 54 Seiten

**Otten, J. (2016):** Die Treibselproblematik an der deutschen Ostseeküste – das Fallbeispiel Gemeinde Ostseebad Insel Poel. Fallstudienbericht, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V., 31 Seiten

- Otten J.; Kischkat, J. (2018):** Die Akzeptanz eines nachhaltigen Strandberäumungskonzeptes – eine Befragung von Strandnutzenden im Ostseeheilbad Graal-Müritz. Masterarbeit, Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald, 188 Seiten
- Packschies, M. (2019):** Die neuen Seegrasdünen in Eckernförde. In: *Coastline Reports* 26, S. 27-35
- Pankow, H. (1990):** Ostsee–Algenflora. 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, 648 Seiten
- Pollack, U. (2008):** Tiere in der Stadt: Die städtische Mensch-Tier-Beziehung. Dissertation, Freie Universität Berlin, 183 Seiten
- POSIMA-Homepage (o. J.):** URL: <https://posima.de> [Zugriff am 08.10.2020]
- Pott, C. (2006):** Pflanzen und Tiere der Küste. 255 Seiten, Eugen Ulmer KG; Stuttgart
- Povolný, D. (1963):** Einige Erwägungen über die Beziehungen zwischen den Begriffen „Synanthrop“ und „Kulturfolger“. In: *Beiträge zur Entomologie*, Band 13, S. 439-444
- Quedens, G. (1988):** Strand und Wattenmeer. Tiere und Pflanzen an Nord- und Ostsee – ein Biotopführer. 3. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft mbH; München, Wien, Zürich, 127 Seiten
- Schernewski, G. (2005):** Zentrale Problemfelder für regionales Management und eine nachhaltige Entwicklung der mecklenburgischen Ostseeküste. In: *Küste, Ökologie und Mensch: Integriertes Küstenmanagement als Instrument nachhaltiger Entwicklung*. Edition Humanökologie, 2; oecom; München, 16 Seiten
- Schleswig-Holstein Magazin (15.08.2020):** Lübecker Bucht: In der Nachtschicht gegen das Seegras. Reportage: Verena Sens. NDR, 30 min
- Schnepper, C (2017):** A research on the policy framework and management of beach wrack in the Baltic Sea, with a focus on North Germany. EUCC – Die Küsten Union e. V., 33 Seiten
- Schories, D.; Selig, U.; Schubert, H. (2009):** Species and synonym list of the German marine macroalgae based on historical and recent records. In: *Meeresbiologische Beiträge*, 21, S. 7-135
- Schueller, G. H.; Peters, A. F. (1994):** Arrival of *Fucus evanescens* (Phaeophyceae) in Kiel Bight (Western Baltic). In: *Botanica Marina*, Vol. 37, S. 471-477
- Schumacher, S. (2008):** Sandstrände der deutschen Ostseeküste- Gefährdung, Schutz und Ökologie der Wirbellosen. 150 Seiten, IKZM-Oder Berichte 53; Rostock



**Seer, F.; Düwel, T.; Irmeler, U.; Schrautzer, J. (2015):** Entwicklung eines Konzeptes zum nachhaltigen Schutz von Stränden der Ostseeküste. Abschlussbericht über das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Az. 28733 geförderte Forschungs- und Entwicklungsprojekt. Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Lighthouse Foundation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 100 Seiten

**Sterr, H.; Enderwitz, S.; Ahrendt, K. (2019):** Seegras und Treibsel – Strand-Ressourcen mit vielfältigem Potenzial. In: *Coastline Reports* 26, S. 1-12

**Suursaar, Ü.; Torn, K.; Martin, G.; Herkül, K.; Kullas, T. (2014):** Formation and species composition of stormcast beach wrack in the Gulf of Riga, Baltic Sea. In: *Oceanologia*, 56(4), S.673-695

**Svensson, L. (2017):** Der Kosmos-Vogelführer. Alle Arten Europas, Nordafrikas und Vorderasiens. 3. Auflage, Franckh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. KG; Stuttgart, 400 Seiten

**Teich, J. (2021):** Belastung von Wildtieren durch maschinelle Strandreinigungen. Staatsexamensarbeit, Universität Rostock, 51 Seiten

**von Frisch, O. (1994):** Tiere in der Stadt. Wie sie leben, wo sie sind. Ausstellung vom 26. Juni bis 6. November 1994, Staatliches Naturhistorisches Museum Brandenburg (Originalpublikation zum Zeitpunkt des Verfassens nicht vorliegend)

**Wahl, J.; Dröschmeister, R.; Gerlach, B.; Grüneberg, C.; Langgemach, T.; Trautmann, S.; Sudfeldt, C. (2014):** Vögel in Deutschland 2014. DDA, BfN, LAG VSW; Münster, 71 Seiten

**Weinberger, F.; Hammann, M.; Griem, M.; Siedentopp, D. (2013):** Ostsee-Makroalgenblüten. Forschungsbericht zur Einschätzung der möglichen Ausbildung von Makroalgenblüten an der deutschen Ostseeküste. Project report, GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel (Originalpublikation zum Zeitpunkt des Verfassens nicht vorliegend)

**Weinberger, F.; Paalme, T.; Wikström, S. A. (2020):** Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts. In: *Botanica Marina* 2020; 63(1), S. 61-72

**Wentworth, C. K. (1922):** A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology* Vol 30, No. 5, S. 377-392

**Wiesenmeier, T.; Hay, M.; Pohnert, G. (2007):** The potential role of wound-activated volatile release in the chemical defence of the brown alga *Dictyota dichotoma*: Blend recognition by marine herbivores. *Aquatic Sciences* 69, S. 404-412

**Wölfel, J.; Hofmann, J.; Schubert, H. (2019):** Probleme und Perspektiven der Treibselnutzung in Mecklenburg-Vorpommern und im ganzen Ostseeraum: das EU-Projekt CONTRA. In: *Coastline Reports* 26, S.95-101

**Zerbe, S. (2019):** Sandmager- bzw. Sandtrockenmasse der Küsten und des Binnenlandes. In: *Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt. Ein interdisziplinäres Fachbuch*, Springer Berlin, Heidelberg, New York, S. 375-392

#### **Internetadressen:**

<https://www.accuweather.com>

<https://www.biologie-seite.de/Biologie/Shannon-Index> [Zugriff am 02.03.2021]

<https://darksky.net/forecast/40.7127,-74.0059/ca12/en>

[https://www.dwd.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html)

<https://www.google.de/maps>

<http://www.langenwerder.de> [Zugriff am 26.02.2020]

<https://www.luebecker-bucht-ostsee.de> [Zugriff am 12.11.2020]

[https://www.ornitho.de/index.php?m\\_id=1](https://www.ornitho.de/index.php?m_id=1) [Zugriff am 23.02.2021]

<https://ornithologie-goettingen.de/2009/10/25/der-kormoran-phalacrocorax-carbo-vogel-des-jahres-2010-in-sued-niedersachsen> [Zugriff am 22.01.2021]

<https://www.poel.de> [Zugriff am 06.02.2021]

[https://www.tutorialspoint.com/statistics/shannon\\_wiener\\_diversity\\_index.htm](https://www.tutorialspoint.com/statistics/shannon_wiener_diversity_index.htm) (Zugriff am 15.01.2021]

<https://ch.wetter.com>

## **6 Anhang**

### **6.1 Abkürzungsverzeichnis**

<b>b.</b>	bewirtschaftet
<b>EWG</b>	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
<b>FFH</b>	Fauna-Flora-Habitat
<b>FG</b>	Feuchtgewicht
<b>FM</b>	Frischmasse
<b>k. F.</b>	kein Fluchtverhalten festgestellt
<b>n. b.</b>	nicht bewirtschaftet
<b>n. g.</b>	nicht gefunden
<b>n. v.</b>	nicht vorgekommen
<b>R.</b>	Referenzgebiet
<b>SPW</b>	Spannweite
<b>STABW</b>	Standardabweichung
<b>TG</b>	Trockengewicht