

# Bruterfolgsmonitoring und Entwicklung des Brutbestandes der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer



## Masterarbeit

an der Hochschule Neubrandenburg

im Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik

Studiengang Landnutzungsplanung

angefertigt in Zusammenarbeit mit dem

Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“

**Florian Braun**

eingereicht am 20.12.2019

- |                                     |                                                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. Prüfer: PD. Dr. Robert Sommer    | - Hochschule Neubrandenburg                                            |
| 2. Prüfer: Prof. Dr. Franz Bairlein | - Institut für Vogelforschung<br>„Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven |

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2019-0524-8



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences



Institut für  
Vogelforschung  
Vogelwarte Helgoland

# Abstract

---

## **Monitoring of breeding success and development of the numbers of breeding herring gulls *Larus argentatus* on Mellum island at the Lower Saxon Wadden Sea National Park**

Monitoring of breeding success on herring gulls *Larus argentatus* has been carried out on Mellum island at the Lower Saxon Wadden Sea National Park since 1995. It has been part of the Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP, KOFFIJBERG et al. 2011) since 2010. For the analyse of hatching success and breeding success, data was recorded annually at the same area on > 50 clutches with twenty clutches being fenced. This also allowed to monitor the weight development of the hatchlings (EXO et al. 1996). The data was previously only partially evaluated (WILKENS & EXO 1998, THYEN et al. 1998, LEMKE 2010, LEITINGER 2011, THORUP & KOFFIJBERG 2016) and is presented in this master thesis with respect to the population development as well as the temperature.

Clutch size, hatching success, and the causes of egg/chick loss were stable. The first egg of the year was found significantly later in the monitoring period compared to the 1930s till 1950s. Nest density in the study area declined due to a decrease of the breeding population by over 90 %. Although the average daily increase in chicks body weight was stable at a high level until 2004, it has experienced a strong decrease since 2005. Notably all german landfills were closed at that time which caused the body weight to remain at this level. The slower weight development of the chicks is in context with low breeding success and higher asynchrony of the egg-volume between first (A) and last hatched (C) eggs. A change of the location of the study area showed a possible dependency of some parameters from the location of the study area. Over many years, only three-egg clutches have been examined specifically. The determined breeding success cannot be transferred to the entire herring gull colony on Mellum and it remains unclear whether this success has been sufficient high in the past 25 years to preserve the stock.

# Inhaltsverzeichnis

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Einleitung</b>                                          | 1  |
| <b>2. Untersuchungsgebiet</b>                                 | 6  |
| <b>3. Material und Methoden</b>                               | 8  |
| 3.1. TMAP - Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe auf Mellum   | 8  |
| 3.2. Probefläche                                              | 9  |
| 3.3. Nestmarkierung und Gelegedichte                          | 10 |
| 3.4. Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum                   | 10 |
| 3.5. Ei-Volumen                                               | 11 |
| 3.6. Gelegegröße, Schlupferfolg und Verlustursachen der Eier  | 12 |
| 3.7. Nesteinzäunung                                           | 13 |
| 3.7.1. Aufbau der Zäune                                       | 13 |
| 3.7.2. Verletzungen der Küken und Weiterentwicklung der Zäune | 14 |
| 3.8. Bruterfolg                                               | 15 |
| 3.9. Verlustursachen der Küken                                | 15 |
| 3.10. Gewichtsentwicklung der Küken                           | 16 |
| 3.11. Wetterdaten                                             | 16 |
| 3.12. Statistische Auswertung                                 | 17 |
| <b>4. Ergebnisse</b>                                          | 18 |
| 4.1. Gelegedichte                                             | 18 |
| 4.2. Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum                   | 19 |
| 4.2.1. Legebeginn                                             | 19 |
| 4.2.2. Zusammenhang zwischen Legebeginn und Legedatum         | 20 |
| 4.2.3. Legedatum und Gelegegröße                              | 21 |
| 4.2.4. Legebeginn und Temperatur in der Vorbrutzeit           | 22 |
| 4.3. Ei-Volumen                                               | 23 |
| 4.3.1. Unterschiede der A-, B- und C-Ei-Volumina              | 23 |

|           |                                                |           |
|-----------|------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.2.    | Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina .....      | 24        |
| 4.4.      | Gelegegröße .....                              | 26        |
| 4.5.      | Schlupferfolg.....                             | 27        |
| 4.6.      | Verlustursachen der Eier .....                 | 28        |
| 4.7.      | Nesteinzäunung und Verletzungen der Küken..... | 28        |
| 4.8.      | Bruterfolg.....                                | 29        |
| 4.9.      | Verlustursachen der Küken .....                | 29        |
| 4.10.     | Gewichtsentwicklung der Küken.....             | 30        |
| <b>5.</b> | <b>Diskussion</b> .....                        | <b>32</b> |
| 5.1.      | Gelegedichte und Lage der Probefläche .....    | 32        |
| 5.2.      | Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum.....    | 34        |
| 5.3.      | Ei-Volumen .....                               | 35        |
| 5.4.      | Gelegegröße .....                              | 36        |
| 5.5.      | Schlupferfolg.....                             | 36        |
| 5.6.      | Verlustursachen der Eier .....                 | 37        |
| 5.7.      | Nesteinzäunung und Verletzungen der Küken..... | 38        |
| 5.8.      | Bruterfolg.....                                | 39        |
| 5.9.      | Verlustursachen der Küken .....                | 41        |
| 5.10.     | Gewichtsentwicklung der Küken .....            | 42        |
| <b>6.</b> | <b>Schlussfolgerungen / Empfehlungen</b> ..... | <b>43</b> |
|           | Zusammenfassung.....                           | 46        |
|           | Quellenverzeichnis .....                       | 47        |
|           | Literatur .....                                | 47        |
|           | Unveröffentlichte Quellen .....                | 53        |
|           | Internetquellen.....                           | 54        |
|           | Danksagung .....                               | 55        |
|           | Eidesstattliche Erklärung.....                 | 56        |
|           | Anhang.....                                    | 57        |

# Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Einhundertjährige Bestandsentwicklung der Silbermöwe auf Mellum. _____                                                                                                                                                               | 5  |
| Abbildung 2: Lage der Insel Mellum, verändert nach Luftbildern NLPV NI. WATTENMEER und Google 2016. _____                                                                                                                                         | 6  |
| Abbildung 3: Lage der Probefläche in der Brutsaison von 1995 bis 2015 (blau, alte PF) und seit der Brutsaison 2016 (rot, neue PF), oben rechts: Überblick der Lage der PF auf der Insel Mellum. Luftbild 2016, Quelle: NLPV NI. WATTENMEER. _____ | 9  |
| Abbildung 4: Erfolgreich geschlüpftes Silbermöwenküken auf der Probefläche des BEM auf Mellum, 21.05.2018, Foto: L. Nachreiner. _____                                                                                                             | 12 |
| Abbildung 5: Beispiel für eine Nestumzäunung des Bruterfolgsmonitorings mit 12,5m Umfang, verwendet bis 2015, Mellum, Foto: K.-M. Exo (Quelle: KOFFIBERG et al. 2011). _____                                                                      | 13 |
| Abbildung 6: Metallzaun mit Gaze an der Innenseite und 25 m Umfang, 11.05.2018, Mellum. _____                                                                                                                                                     | 15 |
| Abbildung 7: Silbermöwenküken im Alter von neun Tagen beim Wiegen zur Ermittlung der Körpermasse. In der Regel wurden die Küken in einem Stoffbeutel, oder wenn sie größer wurden, einem Eimer gewogen. Mellum 08.06.2018. _____                  | 16 |
| Abbildung 8: Entwicklung der Gelegedichte der Silbermöwe (Gelege pro ha) auf der Probefläche des BEM von 1995 bis 2019 auf Mellum. _____                                                                                                          | 18 |
| Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Gelegedichte (BP/ha) auf den Probeflächen (alter und neuer Standort) und dem Brutbestand der gesamten Insel (nur alte PF: $r_s = 0,98$ ; $p < 0,001$ ). _____                                                  | 18 |
| Abbildung 10: Funddatum des ersten Eies (Legebeginn) der Silbermöwe auf Mellum zwischen 1934 und 2019. _____                                                                                                                                      | 19 |
| Abbildung 11: Legebeginn der Silbermöwe auf Mellum in verschiedenen Zeitfenstern, Mittelwert $\pm$ Standardabweichung. n gibt die Anzahl der Jahre mit Daten zum ersten Gelegefund pro Zeitraum an. _____                                         | 20 |
| Abbildung 12: Datum des ersten Ei-Fundes auf Mellum (Legebeginn), Median des Legedatums und Median des Schlupfdatums der gesamten untersuchten Gelege der PF, zwischen 1995 und 2019. _____                                                       | 20 |
| Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Datum des ersten Ei-Fundes auf Mellum und dem Median des Legedatums der Eier auf der PF. ( $r = 0,797$ ; $p < 0,001$ ). _____                                                                             | 21 |
| Abbildung 14: Zusammenhang zwischen dem Median des Legedatums und der Gelegegröße zwischen 1998 und 2019, Daten von 2000 fehlen ( $r = -0,322$ ; $p = 0,154$ ). _____                                                                             | 21 |
| Abbildung 15: Mittlere minimale Umgebungstemperatur im März und April (Cuxhaven) und Legebeginn zwischen 1952 und 2018. _____                                                                                                                     | 22 |
| Abbildung 16: Zusammenhang zwischen der mittleren minimalen Umgebungstemperatur im März und April (Cuxhaven) und dem Legebeginn (nicht signifikant: $r = -0,1959$ ; $p = 0,2024$ ). _____                                                         | 22 |
| Abbildung 17: Ei-Volumina unterschieden nach A-, B- und C-Eiern (A: $n = 528$ ; B: $n = 288$ ; C: $n = 437$ ), Daten der Jahre 1996-2019 (keine Daten von 2007). _____                                                                            | 23 |
| Abbildung 18: Volumina der unbestimmten Eier ( $n = 1875$ ) und der als A-, B-, C-Eier sicher bestimmbarer Eier ( $n = 1253$ ), ( $t = 0,118$ ; $p = 0,9062$ ). _____                                                                             | 23 |

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 19: Durchschnittliche Ei-Volumina der untersuchten Silbermöweneier beim BEM der Silbermöwe auf Mellum - 1996 bis 2019 unterschieden zwischen A-Eiern und C-Eiern + Standardabweichung.                                                       | 24 |
| Abbildung 20: Asymmetrie der A- und C-Eivolumina nach Jahren. % Anteil C-Ei-Volumen kleiner A-Ei-Volumen.                                                                                                                                              | 24 |
| Abbildung 21: Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen minimalen Umgebungs-temperatur im März und April (Wetterstation Cuxhaven) und der Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina ( $r = -0,4283$ ; $p = 0,059$ ).                                      | 25 |
| Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Schlupferfolg (geschlüpfte Küken pro BP) und Asymmetrie der A- und C Ei-Volumina ( $r = -0,3348$ ; $p = 0,4617$ ).                                                                                                 | 25 |
| Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Bruterfolg (flügge Küken/BP) und Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina ( $r = -0,1145$ ; $p = 0,6306$ ).                                                                                                             | 25 |
| Abbildung 24: Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen täglichen Wachstumsrate (5. - 25. d) der Silbermöwen-Küken pro Jahr und der Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina. Schwach signifikant ( $r = -0,445$ ; $p = 0,05$ ).                         | 25 |
| Abbildung 25: Durchschnittliche Gelegegröße der gesamten untersuchten Gelege (Anzahl der Eier pro BP) $\pm$ Standardabweichung der gesamten untersuchten Silbermöwengelege beim BEM der Silbermöwe auf Mellum - 1995 bis 2019.                         | 26 |
| Abbildung 26: Gelegegröße unterschieden nach „gesamte untersuchte Gelege“ und „eingezäunte Gelege“, hochsignifikanter Unterschied ( $t = 5,15$ ; $p < 0,001$ ).                                                                                        | 26 |
| Abbildung 27: Mittlerer Schlupferfolg der gesamten untersuchten Gelege beim BEM der Silbermöwe auf Mellum – 1995 bis 2019 (1995-2009 Standardabweichung nicht verfügbar).                                                                              | 27 |
| Abbildung 28: Schlupferfolg unterschieden nach „gesamte untersuchte Gelege“ und „eingezäunte Gelege“, höchst signifikanter Unterschied ( $t = 4,271$ ; $p < 0,001$ ).                                                                                  | 27 |
| Abbildung 29: Verlustursachen der Eier zwischen 1995 und 2019.                                                                                                                                                                                         | 28 |
| Abbildung 30: Anteil der eingezäunten Silbermöwenküken mit Verletzungen am Schnabel in Zusammenhang mit dem Bruterfolg. Nur Jahre, in denen Informationen in Berichten oder Daten zu Verletzungen angegeben wurden ( $r = 0,8$ ; $p = 0,003$ ).        | 28 |
| Abbildung 31: Mittlerer Bruterfolg (flügge Küken $> 28$ d pro BP) der Jahre 1995 bis 2015 auf der alten PF ( $0,8 \pm 0,41$ flügge Küken / BP) und ab 2016 auf der neuen PF ( $1,5 \pm 0,64$ flügge Küken / BP), von jährlich 20 untersuchten Gelegen. | 29 |
| Abbildung 32: Verlustursachen der Silbermöwenküken der 20 eingezäunten Gelege pro Jahr (1995 – 2019).                                                                                                                                                  | 29 |
| Abbildung 33: Durchschnittliche Zunahme der Körpermasse der Silbermöwenküken pro Jahr im Bereich der alten PF (1995-2015) und der neuen PF (2015-2019), ( $y = -0,428x$ ; $r^2 = 0,4428$ ; $p < 0,001$ ).                                              | 30 |
| Abbildung 34: Durchschnittliche Zunahme der Körpermasse der Silbermöwenküken in g pro Tag (zwischen dem 5. und 25. Lebenstag) und Ausfliegerate (Anzahl flügge Küken) für die Jahre 1995 bis 2019 ( $r = 0,74$ ; $p < 0,001$ ).                        | 30 |
| Abbildung 35: Vergleich der mittleren Gewichtsentwicklung (zwischen dem 5. und 25. Lebenstag) der gestorbenen und der flüggen Küken. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $t = -2,48$ ; $df 11,5$ ; $p = 0,03$ ).                             | 31 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 36: Verteilung der Gelegedichte im Jahr 1995 (schwarze Kreise = Anzahl gezählter Gelege in den Transekten 50 x 50 m), Quelle: WILKENS & EXO (1998), verändert durch KIPKEEW (2002 unveröff.). Hellgrün – geringe Dichte (15 BP/ha), mittelgrün – mittlere Dichte (49 BP/ha), dunkelgrün – hohe Dichte (126 BP/ha), rot - alte PF. | 32 |
| Abbildung 37: Vergleich der durchschnittlichen Ei-Volumina von Mellum und aus vergleichbaren Studien (Mellum 1979, 1980: BECKER & ERDELEN 1986, Terschelling: SPAANS et al. 1987, BUKACINSKA et al. 1996; Texel: CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010, Trébérón: PONS 1992).                                                                          | 35 |
| Abbildung 38: Silbermöwenküken an der Umzäunung mit Gaze. Mellum, 20.06.2018.                                                                                                                                                                                                                                                               | 39 |
| Abbildung 39: Bruterfolg, Anzahl flügger Küken pro BP $\pm$ Standardabweichung, unterschieden nach den Definitionen für „flügge“ > 28 Tage (nach THYEN et al. 1998) und > 40 Tage (nach KOFFIUBERG et al. 2011) auf der neuen Probefläche des BEM der Silbermöwe auf Mellum (nicht signifikant, $t=2,23$ , $df=3,86$ , $p=0,092$ ).         | 40 |

## Anhang:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 40: Vergleich der Bestandsentwicklung von Herings- und Silbermöwen auf Mellum ab 1993, Erfassung durch Auszählung von 50 Zufallsprobeflächen (50x50m) (Quelle: IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.).                                                                                                                                        | 57 |
| Abbildung 41: Saisonbeginn auf Mellum und Datum des Fundes des ersten Eies (Legebeginn) der Silbermöwe.                                                                                                                                                                                                                                          | 57 |
| Abbildung 42: Anteil der Silbermöwenküken mit Verletzungen am Schnabel. Küken aus Umzäunungen 1995 - 2018. Nur Jahre in denen Angaben in Berichten oder Daten zu Verletzungen vorhanden waren. In den nicht angegeben Jahren sind keine Informationen über Verletzungen vorhanden. 2018 wurde bei allen Zäunen das neue Gaze-Material verwendet. | 58 |
| Abbildung 43: Jagdstrecke der Silbermöwe im Oldenburger Land ( $r=0,923$ ; $p<0,001$ ) (Daten Jagdstrecke: GRÜTZMANN 2013; BP: IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.).                                                                                                                                                                                  | 58 |

Soweit nicht anders angegeben, wurden alle Abbildungen und Fotos durch den Autor dieser Arbeit erstellt.

# Abkürzungsverzeichnis

|                             |                                                                                                                                |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5 – 25 d:</b>            | „zwischen dem fünften und 25. Lebenstag“, Phase der linearen Zunahme der Körpermasse von Silbermöwenküken (WILKENS & EXO 1998) |
| <b>BEM:</b>                 | Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe (auf der Insel Mellum)                                                                    |
| <b>BP:</b>                  | Brutpaar                                                                                                                       |
| <b>CWSS:</b>                | Common Wadden Sea Secretariat                                                                                                  |
| <b>DWD:</b>                 | Deutscher Wetterdienst, Offenbach                                                                                              |
| <b>GPS:</b>                 | Global Positioning System                                                                                                      |
| <b>IfV:</b>                 | Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven                                                              |
| <b>JMBB:</b>                | Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea                                                                     |
| <b>Mellumrat:</b>           | Der Mellumrat e.V., Naturschutz- und Forschungsgemeinschaft, Dangast                                                           |
| <b>MThw:</b>                | Mittleres Tidehochwasser                                                                                                       |
| <b>NLPV Ni. Wattenmeer:</b> | Nationalpark Verwaltung Niedersächsisches Wattenmeer                                                                           |
| <b>PF:</b>                  | Probefläche des Bruterfolgsmonitorings der Silbermöwe auf Mellum                                                               |
| <b>TMAG:</b>                | Trilateral Monitoring and Assessment Group                                                                                     |
| <b>TMAP:</b>                | Trilateral Monitoring and Assessment Program                                                                                   |

# 1. Einleitung

Eine der prägendsten Vogelarten der Nord- und Ostseeküste ist die Silbermöwe *Larus argentatus*. Die Art ist eng an Küsten gebunden und kommt daher auf den Inseln des Wattenmeeres in großen Brutkolonien vor (GEDEON et al. 2014), brütet aber mittlerweile auch immer häufiger in Städten des Binnenlandes auf Flachdächern (KUBETZKI & GARTHE 2010, STEIOF et al. 2010, ROCK et al. 2016, FGO NB 2018). Die Verbreitung der Silbermöwe erstreckt sich von den Küsten Frankreichs über Großbritannien bis Island und an den Küsten Fennoskandiens bis zum Baltikum. Zwei Unterarten, die westlich verbreitete *L. a. argentatus* und die östliche *L. a. argenteus*, können unterschieden werden. Das Wattenmeer liegt im zentralen Bereich des Verbreitungsgebietes, in dem beide Unterarten vorkommen (LIEBERS et al. 2004, OLSEN 2018).

Die unbewohnte Insel Mellum in der Ruhezone des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer ist seit 1913 Brutgebiet der Silbermöwe (GOETHE 1987). Die Bestandsentwicklung wurde auf Mellum bis heute sehr regelmäßig, jedoch durch unterschiedliche Methoden dokumentiert (Abb. 1, S. 5, BECKER & NAGEL 1983, EXO et al. 1994, WILKENS & EXO 1998). Seit 1993 wird die Erfassung im zweijährigen Rhythmus durch Auszählungen und Hochrechnungen von 50 zufällig ausgewählten Probeflächen (50x50m) durchgeführt (EXO et al. 1994, WILKENS & EXO 1998). In der Zeit zwischen 1924 und 1979 wurde die Silbermöwe auf Mellum und an vielen weiteren Brutstandorten für die Ziele des Vogelschutzes im Rahmen des „gelenkten Seevogelschutzes“ in manchen Jahren sehr intensiv bekämpft (SUNKEL 1925, CULEMANN 1928, STEINBACHER 1931, NEHLS 1974, HERRMANN 2009, CLEMENS & ENSELMANN 2010, MELLUMRAT unveröff.) und noch heute im Winter bejagt (Anh. IV). Dennoch konnte der Gesamtbrutbestand der Silbermöwe an der Nordseeküste im gleichen Zeitraum deutlich steigen (BECKER & ERDELEN 1987, VAUK et al. 1989b, GARTHE et al. 2000). Nach dem Ende der Bestandslenkungen entwickelte sich die Silbermöwenkolonie auf Mellum mit starkem Wachstum (EXO et al. 1994). Mitte der 1990er Jahre erreichte die Silbermöwe mit 13.449 Brutpaaren ihren Bestandshöhepunkt auf Mellum (WILKENS & EXO 1998). Mellum beherbergte zu diesem Zeitpunkt die größte Brutkolonie im gesamten Wattenmeer (RASMUSSEN et al. 2000).

Als wichtigste Ursachen für die starke Bestandszunahme gelten die große anthropogene Nahrungsverfügbarkeit durch offene Mülldeponien im Sommer und im Winter (PONS

1992, KILPI & ÖST 1998, WILKENS & EXO 1998, BELLEBAUM et al. 2000, KLEIN 2001, DIERSCHKE 2006, COULSON 2015), die Zunahmen der marinen Fauna durch die starke Eutrophierung der küstennahen Gewässer (VAUK et al. 1989a), zeitweilig hohe Bestände von Beutefischen durch die Überfischung von Raubfischen (FURNESS 1984), einfache Verfügbarkeit von Nahrung durch Beifänge der Fischerei (CAMPHUIJSEN 2013, FOSTER et al. 2017), der Schutz vor Verfolgung in vielen Schutzgebieten (GARTHE et al. 2000), sowie die Verbesserung der chemischen Belastungen in der Umwelt (BECKER & DITTMANN 2009).

Seit Anfang des 21. Jahrhunderts sind die Brutbestandszahlen der Silbermöwe auf Mellum stark rückläufig und betragen heute nur noch knapp 10 % des einstigen Maximalbestandes (2019: 1.228 BP, MELLUMRAT pers. Mitt. 2019). In den Niederlanden setzte der negative Bestandstrend bereits Ende der 1980er Jahre ein (CAMPHUIJSEN 2013). So ist der Langzeit-Trend (1991-2013) dort negativ (KOFFIJBERG et al. 2017). In Deutschland ist ein Bestandsrückgang im niedersächsischen Wattenmeer seit Mitte der 1990er Jahre deutlich erkennbar (GARTHE et al. 2000), während der Bestand in Schleswig-Holstein bisher noch stabil ist (1991-2013, KOFFIJBERG et al. 2017). Aber auch dort gehen Silbermöwenbestände in einzelnen Kolonien, z. B. auf der Insel Trischen, ähnlich stark zurück wie auf Mellum (STOCK et al. 2014). In Dänemark steigen die Bestände der Silbermöwe hingegen weiterhin an (BREGNBALLE et al. 2015, KOFFIJBERG et al. 2017).

Seit 1974 brütet auch die Heringsmöwe *Larus fuscus* auf Mellum (GOETHE 1987). Ihre Brutbestände sind an der deutschen Nordseeküste ab 1990, offenbar durch Zuwanderung aus den Niederlanden und Großbritannien, sehr stark gestiegen (GARTHE et al. 2000). Auch auf Mellum stiegen die Bestände bis auf über 5.000 BP an, während die Silbermöwenbestände bereits rückläufig waren (Anh. I). Es wird angenommen, dass Heringsmöwen eher eine unbesetzte Nische nutzen konnten, als dass sie in Konkurrenz mit der Silbermöwe getreten sind (GARTHE et al. 1999, CAMPHUIJSEN 2013). So zeigen Heringsmöwen z.B. in ihrer Nahrungserwerbsstrategie deutliche Unterschiede zur Silbermöwe. Während Heringsmöwen eher Nahrung auf dem offenen Meer nutzen und deutlich weitere Strecken zurücklegen, sind Silbermöwen häufiger im Watt oder am Festland bei der Nahrungssuche anzutreffen (KUBETZKI & GARTHE 2003, CAMPHUIJSEN 2013, SCHWEMMER & GARTHE 2005, SCHWEMMER et al. 2019). Dennoch sind Auswirkungen auf die engverwandte Silbermöwe (LIEBERS et al. 2004), z.B. durch Konkurrenz am Brutplatz oder anderer Ressourcenklassen möglich (CALLADINE 1997).

Im Bereich des Wattenmeeres besteht zur Überprüfung des Ökosystemzustandes ein trilateral einheitliches Monitoring Programm (TMAP), welches das Erreichen der Ziele des Trilateralen Wattenmeerplanes (CWSS 1998) dokumentieren und zur Verbesserung von Schutzbemühungen im Wattenmeer beitragen soll (SÜDBECK et al. 2009). Ein wichtiger Teil dieses Monitorings ist das Brutvogelmonitoring, bei dem seit 2010 im gesamten Wattenmeer nicht nur die Brutbestände ausgewählter Arten erfasst werden, sondern auch der Bruterfolg von 10 verschiedenen Vogelarten ermittelt wird (KOFFIJBERG et al. 2011, THORUP & KOFFIJBERG 2016). Das Bruterfolgsmonitoring soll insbesondere für langlebige Arten Bestandsänderungen frühzeitig erkennen lassen, Hinweise auf veränderte Umweltbedingungen geben und als Teil eines integrierten Populationsmonitorings als „Frühwarnsystem“ für das Wattenmeer dienen (EXO et al. 1996). Eine der zehn ausgewählten Arten im Rahmen des TMAP-Bruterfolgsmonitorings ist die Silbermöwe (KOFFIJBERG et al. 2011).

Auf Mellum wurde der Bruterfolg der Silbermöwe bereits in den Jahren 1979 bis 1981 und 1990 durch das Institut für Vogelforschung (IfV), zum ersten Mal ermittelt (BECKER & EXO 1991). Seit 1995 erfolgte auf der Süddüne Mellums eine jährliche Erfassung des Bruterfolges und der Gewichtsentwicklung der Küken von zwanzig Silbermöwenpaaren. Diese ersten Untersuchungen auf Mellum waren die Grundlage für die Methodenvorgabe im TMAP-Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe (BECKER & EXO 1991, EXO et al. 1996, WILKENS & EXO 1998, THYEN et al. 1998 & 2000, KOFFIJBERG et al. 2011). So steht heute eine 25-jährige Datenreihe zur Auswertung zur Verfügung (IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.), die bisher nur in Teilen veröffentlicht wurde (WILKENS & EXO 1998, THYEN et al. 1998, LEMKE 2010, LEITINGER 2011, THORUP & KOFFIJBERG 2016). Solche Langzeitdatenreihen sind für die Erforschung der Veränderungen von Populationen besonders wichtig (AEBISCHER et al. 1990, EXO 2010, DÄNHARDT et al. 2018, HEUCK & HERRMANN 2019).

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden die Untersuchungsergebnisse des Bruterfolgsmonitorings der Silbermöwe auf Mellum dargestellt. Die 25-jährigen Untersuchungen bieten die Möglichkeit der Darstellung einer langfristigen Dynamik des Bruterfolges (THORUP & KOFFIJBERG 2016), um diese mit dem angenommenen Mindestreproduktionserfolg für den Bestandserhalt (0,6-1,0 flügge Küken pro BP; THORUP & KOFFIJBERG 2016) zu vergleichen. Die Untersuchungen zum Ei-Volumen, zum

Schlupferfolg und den Ursachen von Ei-Verlusten, sowie der Gewichtsentwicklung der Küken lassen zudem Rückschlüsse auf die Nahrungsverfügbarkeit in der Brutzeit, Schwierigkeiten mit Wetterverhältnissen, Prädatoren oder Konkurrenz zu (THYEN et al. 1998, WILKENS & EXO 1998, CAMPHUIJSEN 2013, O'HANLON 2016).

Die Entwicklung der Brutbestände einer Möwenkolonie, wie der Silbermöwenkolonie auf Mellum, hängt jedoch nicht nur vom Bruterfolg (EXO et al. 1996, THORUP & KOFFIJBERG 2016), sondern auch von der Überlebensrate der adulten und der juvenilen Vögel (DROST et al. 1961, COULSON & BUTTERFIELD 1986, SALEWSKI et al. 2018 unveröff.), der Abwanderung und dem Zuzug aus anderen Kolonien (GARTHE et al. 2000) und dem Bruteintrittsalter der Möwen (COULSON et al. 1982) ab.

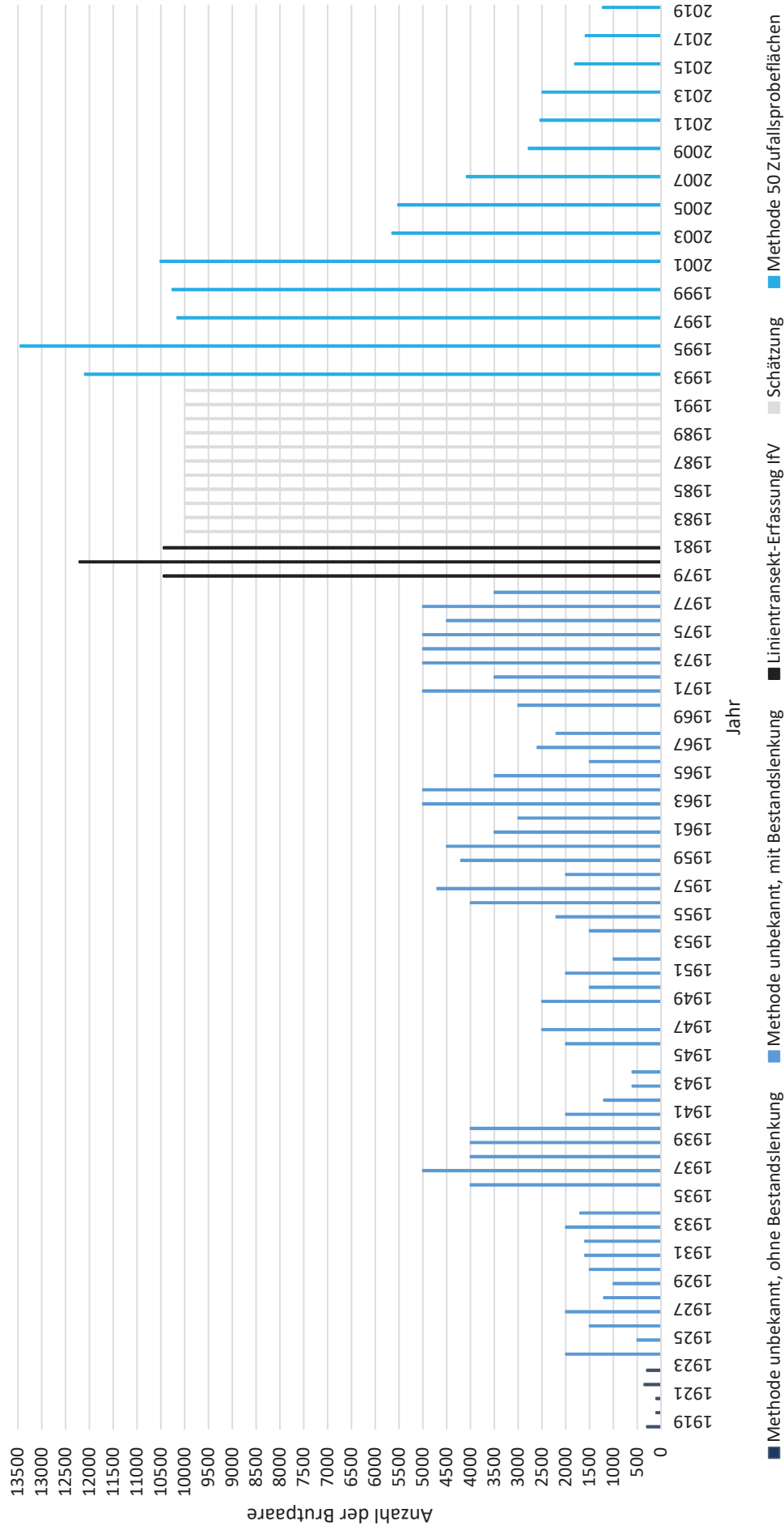
Anlässlich der Abnahme der Brutbestände von Silbermöwen in der südlichen Nordsee (NL, NI & HH 1991 bis 2013, „moderater Rückgang“ KOFFIJBERG et al. 2017) sowie der deutlichen Bestandsabnahme der Kolonie auf Mellum von über 90 % im Laufe des Bruterfolgsmonitoring-Zeitraumes von 1995 bis 2019 (LEMKE 2010, IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.) wird im Rahmen dieser Masterarbeit auf folgende Fragen eingegangen:

**Steht der Bruterfolg der Silbermöwe auf Mellum von 1995 bis 2019 in Zusammenhang mit dem Verlauf der Bestandsentwicklung der Kolonie?**

**Wie entwickelte sich die Dynamik der erhobenen Parameter beim Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe im Verlauf der letzten 25 Jahre?**

- *Gelegedichte*
- *Legebeginn*
- *Ei-Volumina*
- *Gelegegröße*
- *Schlupferfolg*
- *Verlustursachen der Eier*
- *Bruterfolg*
- *Verlustursachen der Küken*
- *Gewichtsentwicklung der Küken*

**Lassen sich klimatologische Zusammenhänge erkennen?**



**Abbildung 1: Einhundertjährige Bestandsentwicklung der Silbermöwe auf Mellum.** 1919-23 ohne Bestandslenkung, 1924-78 beeinflusst durch teils starke bestandsregulierende Maßnahmen (iFV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.), Werte bis 1978 beruhen auf Schätzungen, 1979-81 Linientranssekt-Methode (BECKER & NAGEL 1983), 1982-92 „geschätzter Bestand unverändert“ (EXO et al. 1994), 1993-2019 Hochrechnung anhand 50 (1993 nur 25) ausgezählter Zufallsprobenflächen (je 50x50m, WILKENS & EXO 1998) (Daten: iFV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.).

## 2. Untersuchungsgebiet

Die Insel Mellum liegt zwischen Außenjade und Außenweser ca. 14 km nordwestlich der Butjadinger Küste und 6,5 km östlich von Schillig (Abb. 2). Sie befindet sich vollständig in der Ruhezone/Schutzzone I des UNESCO Weltnaturerbes und Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer und ist umgeben von Wattflächen. So ist Mellum ganzjährig geschützt und darf nur mit einer Ausnahmegenehmigung der NLPV Ni. Wattenmeer betreten werden (NWATTNPG §5, Anlage 2 und 3). Mellum entwickelte sich in den letzten ca. 110 Jahren größtenteils vom Menschen unbeeinflusst durch natürliche Dynamik, wie Wind, Wellen und die Strömung der Tide (REINECK 1987, SCHÖNEBORN & BREUER 2010). Im Laufe der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wuchs die Düneninsel von ursprünglichen 78 ha (1953) bis zu ihrer heutigen Größe mit einer Ausdehnung von ca. 450 ha über MThw. Davon sind ca. 360 ha mit Vegetation bedeckt (Stand 2007, SCHÖNEBORN & BREUER 2010). Der einzige, heute noch deutlich erkennbare menschliche Eingriff in die Geomorphologie der Insel, ist der im Zweiten Weltkrieg errichtete ovale Ringdeich (Umfang ca. 960 Meter) im Südwesten der Insel mit Bunkeranlagen (GERDES et al. 1987, CLEMENS & ENSELMANN 2010).

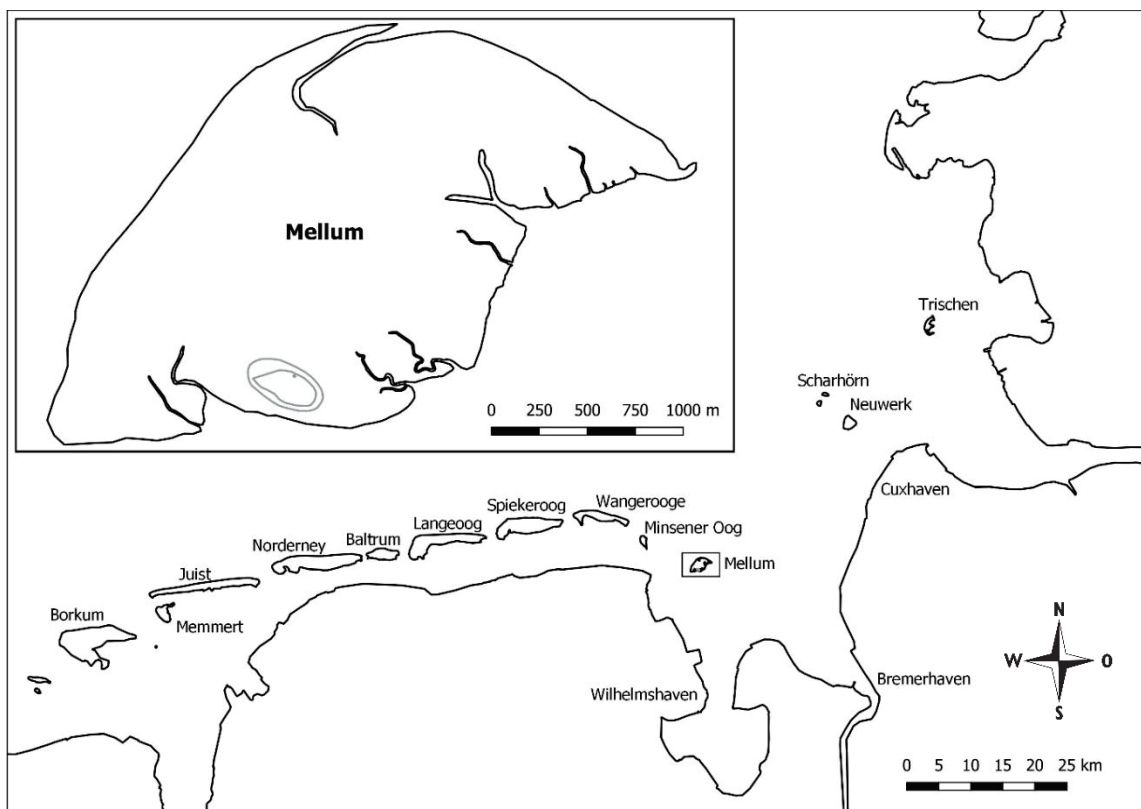


Abbildung 2: Lage der Insel Mellum, verändert nach Luftbildern NLPV Ni. WATTENMEER und Google 2016.

Seit der ersten wissenschaftlichen Begehung Mellums 1906 wird die Vogelwelt auf der Insel durch ehrenamtliche Naturschutzwarte dokumentiert. So wurden schon 1913 die ersten 12 Bruten der Silbermöwe notiert (GOETHE 1987). Seit der Unterschutzstellung Mellums im Jahr 1921 wird die Insel durch den Mellumrat e.V. betreut (GERDES et al. 1987).

Die Insel bietet vielen Vogelarten einen ungestörten Brutort. Die häufigsten Brutvogelarten sind neben Heringsmöwe (*Larus fuscus*) und Silbermöwe (*Larus argentatus*), Sturmmöwe (*Larus canus*), Flussseseschwalbe (*Sterna hirundo*), Austernfischer (*Haemantopus ostralegus*), Rotschenkel (*Tringa totanus*), Eiderente (*Somateria mollissima*), Graugans (*Anser anser*), Kormoran (*Phalacrocorax carbo*), Löffler (*Platalea leucorodia*) und Wiesenpieper (*Anthus pratensis*). Aus der Gruppe der Greifvögel und Eulen brüten Wanderfalke (*Falco peregrinus*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Sumpfohreule (*Asio flammeus*) und Waldohreule (*Asio otus*) regelmäßig auf der Insel (ERTZINGER 2018 unveröff.). Rohrweihen sind Prädatoren von Silber- und Heringsmöwen-Küken (eigene Beob. 2018). Außerdem könnte von den vereinzelt in Kartoffelrosenbüschen brütenden Rabenkrähen (*Corvus corone*) und einzelnen BP der Mantelmöwe (*Larus marinus*) Prädation ausgehen (eigene Beob. 2018). Auf Mellum kommen bis auf Waldmäuse (*Apodemus sylvaticus*) keine Säugetiere vor, die als Prädatoren für Silbermöwenküken oder Gelege in Erscheinung treten könnten (CLEMENS & ENSELMANN 2010).

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. TMAP - Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe auf Mellum

Die Methode, welche seit 1995 auf Mellum angewendet wird, richtet sich nach den Vorgaben des „Trilateral Monitoring and Assessment Program“ (TMAP) (KOFFIJBERG et al. 2011). Seit 2010 wird das Bruterfolgsmonitoring (BEM) auch im gesamten Wattenmeer nach dieser Methode durchgeführt. Standorte des TMAP-BEM der Silbermöwe 2009-12 waren: **Niederlande:** Texel, Vlieland, Balgzand. **Deutschland:** Norderney, Mellum, Trischen, Amrum. **Dänemark:** Langli (THORUP & KOFFIJBERG 2016). Auf Mellum wurde die Methode zudem schon seit 1995 nach einer „Anleitung zum Bruterfolgsmonitoring für die Insel Mellum“ (MELLUMRAT 2019 unveröff.) durchgeführt, die aus den Vorgaben zur Methode von EXO et al. (1996) und THYEN et al. (1998) entwickelt wurde. Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick der im Rahmen des BEM der Silbermöwe auf Mellum erhobenen brutbiologischen Parameter.

**Tabelle 1: Übersicht der erhobenen brutbiologischen Parameter beim BEM der Silbermöwen auf Mellum von 1995 bis 2019**

| Parameter                 | Einheit    | Erläuterung                                   |
|---------------------------|------------|-----------------------------------------------|
| <b>Alle Gelege</b>        |            | n untersuchter Gelege: >50 pro Jahr           |
| Gelegegröße               |            | n Eier / n Gelege                             |
| Ei-Volumen                | Ei-Länge   | mm                                            |
|                           | Ei-Breite  | mm                                            |
|                           | Ei-Volumen | cm <sup>3</sup>                               |
| Verlustursachen der Eier  |            | taub, Prädation, Tod beim Schlupf, Verlassen  |
| Legebeginn                | Datum      | Fund des ersten Silbermöweneies auf der Insel |
| Legedatum                 | Datum      | 28 Tage nach Schlupfdatum                     |
| Schlupfdatum              | Datum      |                                               |
| Schlupferfolg             |            | n geschlüpfte Küken / Gelege                  |
| <b>Eingezäunte Gelege</b> |            | n eingezäunter Gelege: 20 pro Jahr            |
| Kükengewicht              | g          | bei jeder Kontrolle, Genauigkeit 0,5 g        |
| Masse der Küken           | g/Tag      | im 3/6 Tage Rhythmus erhoben                  |
| Ausfliegegewicht          | g          | zuletzt festgestelltes Gewicht, auf 1 g genau |
| Bruterfolg                |            | n flügge Küken (>28 Tage) / BP                |
| Verlustursachen der Küken |            | Prädation, gestorben                          |
| Verletzungen der Küken    |            | ab 2016 systematisch erfasst                  |
|                           |            |                                               |

### 3.2. Probefläche

Das Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe wird auf einer festgelegten Dauerprobefläche, mit jährlich geringer Variation der Flächengröße zwischen ca. 2,5 – 3,5 ha, im Süden der Insel durchgeführt. In diesem Bereich brüten mindestens 50 Silbermöwen-Paare. Von 1995 bis 2015 lagen die Grenzen der Probefläche weitgehend im gleichen Bereich der Süddüne, zwischen einem Pfad in den eingedeichten Bereich und dem östlichen Ende des Ringdeiches (Abb. 3, blau, LEMKE 2010, LEITINGER 2011, RITSCHEL 2015 unveröff.). In den TMAP-Vorgaben ist ein dauerhaft gleicher Standort für das BEM vorgesehen, um die Vergleichbarkeit der Daten gewährleisten zu können (Exo et al. 1996, KOFFIJBERG et al. 2011). Da die Probefläche zwischen Süddüne und Ringdeich durch natürliche Dynamik immer schmaler wurde, nahm nicht nur die Fläche, sondern auch die Gelegedichte in diesem Bereich stetig ab. So brüteten im Jahr 2015 nur noch so wenige Paare (7,7 BP/ha), dass ein Standortwechsel der Probefläche unumgänglich wurde (RITSCHEL 2015 unveröff., MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff.). Seit 2016 wurde das BEM daher auf eine nordwestlich gelegene neue Probefläche zwischen „Eingangspriel“ und Ringdeich verlagert (Abb. 3, rot). Dort finden die Untersuchungen nun im vierten Jahr statt (unveröff. Berichte: MAYLAND-QUELLHORST 2016, KNOBLAUCH 2017, BRAUN 2018, FRIEDRICH 2019).

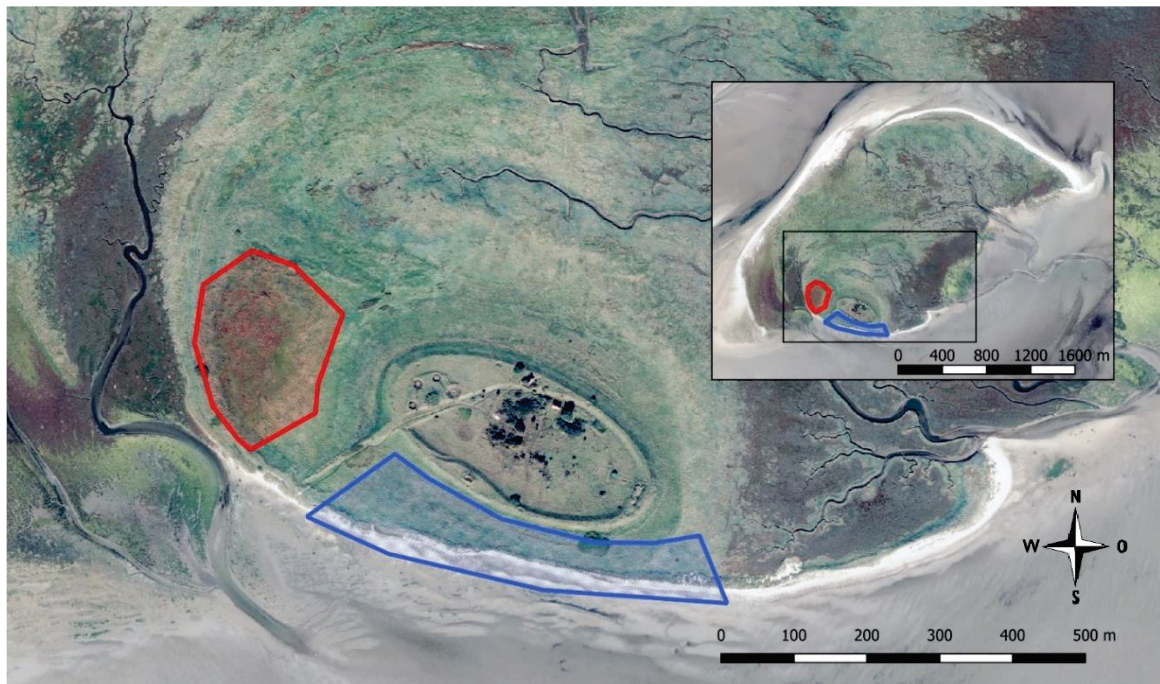


Abbildung 3: Lage der Probefläche in der Brutsaison von 1995 bis 2015 (blau, alte PF) und seit der Brutsaison 2016 (rot, neue PF), oben rechts: Überblick der Lage der PF auf der Insel Mellum. Luftbild 2016, Quelle: NLPV Nl. WATTENMEER.

### 3.3. Nestmarkierung und Gelegedichte

Zur Erfassung des Schlupferfolges und der Gelegedichte im Bereich der Probefläche von > 50 Silbermöwengelegen wird diese jährlich ab Ende April im Abstand von drei Tagen (seit 2018 sechs Tage) bis zum Schlupf der letzten Küken regelmäßig kontrolliert. Um eventuelle Nachlege und die Gelegedichte auf der Probefläche zu erfassen, wird die gesamte Probefläche auch nach dem Fund des 50. Geleges regelmäßig abgesucht. Die Kontrollen finden tagsüber im sechsstündigen Zeitraum um Niedrigwasser statt und sollten 1,5 bis 2 h Anwesenheit in der Kolonie nicht überschreiten (Exo et al. 1996). Mindestens zwei Personen suchen systematisch, in parallelen Streifen senkrecht zur Düne, nach neuen Gelegen. Alle gefundenen Gelege werden im Abstand von ca. 2 m zum Nest mit nummerierten Holzpfähnchen markiert. Die Koordinaten der Gelege werden mit einem GPS-Handgerät (u.a. Garmin eTrex 30) erfasst. Die Gelegedichte pro ha wird aus der jährlich untersuchten Fläche und der Anzahl der Gelege in diesem Bereich berechnet.

Obwohl die Eier der Heringsmöwe im Durchschnitt kleiner als Silbermöweneier sind, lassen sich die Arten im Feld anhand der Eier oder der Nester nicht sicher unterscheiden (RICHTER 1938, CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010). Daher wird durch Beobachtung der Altvögel von außerhalb der Kolonie (u.a. von einem Beobachtungsturm im Ringdeich) die Artzugehörigkeit der Gelege überprüft. So ist sichergestellt, dass nur Silbermöwengelege in die Untersuchung aufgenommen werden.

### 3.4. Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum

Der erste Fund eines Silbermöwengeleges (erstes Ei) wurde schon ab 1932 in den Berichten der Naturschutzwarte Mellums notiert und seit dieser Zeit regelmäßig vermerkt (LEMKE 2010, IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.). Da die Daten des ersten Fundes eines Silbermöwengeleges pro Jahr nur aussagekräftig sind, wenn sichergestellt wird, dass die Daten nicht vom Beginn des Aufenthalts der Naturschutzwarte beeinflusst sind, wurde in den Naturschutzwart-Berichten (MELLUMRAT unveröff., 1926 bis 2014) der Beginn der Saison auf Mellum überprüft und mit den Daten zum Legebeginn verglichen. Wenn keine Informationen zum Saisonbeginn vorhanden waren oder der Saisonbeginn weniger als zwei Tage vor dem Fund des ersten Eies lag wurde dieses Datum aussortiert (s. Anh. II).

Die Bestimmung des Legedatums der gefundenen Gelege auf der Probefläche erfolgt mit der Annahme eines mittleren Legeabstandes von zwei Tagen und einer Bebrütungsdauer von durchschnittlich 28 Tagen (CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010). Befindet sich bei einer Kontrolle ein Ei im Nest, wird das Legedatum auf den Vortag festgelegt. Werden gleichzeitig drei Eier im Gelege gefunden, wird das Legedatum durch Abzug der durchschnittlichen Bebrütungsdauer von 28 Tagen vom Schlupfdatum errechnet.

Für die Ermittlung des Schlupfdatums wird ein Schlupfabstand von einem Tag zu Grunde gelegt. Ist das neu aufgefundene Küken noch feucht oder wird beim Schlüpfen angetroffen, gilt der Tag der Kontrolle als Schlupftag. Zeigt das Ei schon Risse, wird der Tag nach dem Kontrolltag als Schlupftag angenommen. Für später gefundene Küken sind keine genauen Angaben zum Schlupftag möglich (MELLUMRAT 2019 unveröff.).

### 3.5. Ei-Volumen

Im Rahmen der Brut- und Schlupferfolgsermittlungen werden im Bereich der Probefläche an > 50 Gelegen die Länge (L), Breite (B) und das Gewicht der Eier gemessen. Die Eier werden nach Möglichkeit zwischen A (zuerst gelegtes Ei), B (zweites Ei) und C (letztes Ei) unterschieden, soweit die Legereihenfolge für mindestens ein Ei im Gelege bekannt ist. Für das Messen der maximalen Länge und Breite der Eier wird ein Messschieber verwendet (Skalenteilung 0,1 mm). Die Berechnung des Ei-Volumens (V, in cm<sup>3</sup>) erfolgt im Anschluss mit folgender Formel (nach SPAANS & SPAANS 1975 in CAMPHUIJSEN 2013):

$$\text{Volumen} = k * L * b^2$$

**L** = maximale Länge, **B** = maximale Breite, **k** = eine Konstante von 0,5035

Verschiedene Ei-Formen, z.B. deutlich rundere oder spitzere Eier werden bei dieser Berechnung nicht beachtet. Die Formel ermöglicht durch die gleiche Verwendung der Konstanten  $k = 0,5035$  den direkten Vergleich mit den Daten von anderen Silbermöwen Untersuchungen (SPAANS et al. 1987, PONS 1992, BUKACINSKA et al. 1996, CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010, CAMPHUIJSEN 2013). Andere Berechnungen der Ei-Volumina oder bzw. die Verwendung einer anderen Konstante (k) sind jedoch möglich (BOLTON 1992, KILPI 1995, O'HANLON 2016)

Die Asymmetrie der Ei-Volumina von A- und C-Eiern (KILPI 1995) gibt den prozentualen Anteil der C-Ei Volumina subtrahiert von den A-Ei Volumina an. Für die Berechnung wurde der jährliche Mittelwert der Ei-Volumina verwendet.

### 3.6. Gelegegröße, Schlupferfolg und Verlustursachen der Eier

Die Gelegegröße gibt die durchschnittliche Anzahl der gelegten Eier pro Nest der gesamten untersuchten Gelege im Bereich der Probefläche an. Als Schlupferfolg wird der Anteil erfolgreich geschlüpfter Küken pro Gelege bzw. Brutpaar angegeben. Der Schlupferfolg wurde ebenfalls an > 50 Gelegen pro Jahr untersucht.



**Abbildung 4:** Erfolgreich geschlüpftes Silbermöwenküken auf der Probefläche des BEM auf Mellum, 21.05.2018, Foto: L. Nachreiner.

Ein Ei wird als „erfolgreich geschlüpft“ eingestuft, wenn es die Bebrütungszeit von 28 Tagen erreicht hat, und bei der

Kontrolle ein Küken in der Nestumgebung gesehen wird (Abb. 4) oder im Nest feine Eischalen gefunden werden, die einen erfolgreichen Schlupf erkennen lassen (vgl. BELLEBAUM & BOSCHERT 2003). Als „prädiert“ werden Eier gewertet, die bei einer Kontrolle nicht im Nest liegen bzw. in der Nestumgebung Eischalen mit Dotterresten oder Blut zu finden sind, oder wenn keine Anzeichen auf erfolgreichen Schlupf vorliegen (insbesondere vor dem Ende der Bebrütungszeit). Eier sind „taub“ (unbefruchtet oder Embryo vor Schlupf gestorben), wenn sie nach der Bebrütungsdauer nicht geschlüpft sind. Wenn das Küken während des Schlupfvorgangs gestorben ist, wurde dies extra vermerkt. Als „Verlassen“ werden solche Gelege gewertet, die vor Ablauf der Bebrütungsdauer kalt vorgefunden werden (EXO et al. 1996, THYEN et al. 1998). Nach dem Schlupf der Gelege werden nur die Küken in den zwanzig Umzäunungen (s. 3.7.) weiterhin systematisch kontrolliert.

### 3.7. Nesteinzäunung

#### 3.7.1. Aufbau der Zäune

Für die Erfassung von Bruterfolg und Gewichtsentwicklung der Silbermöwenküken werden jährlich 20 Gelege auf der Probefläche eingezäunt (Methode F: KOFFIJBERG et al. 2011, Abb. 5 & 6). Da Silbermöwenküken den Bereich des Nestes nach einiger Zeit verlassen und z.B. am Strand oder Priel weiter gefüttert werden, ermöglicht die Einzäunung das individuelle Wachstum der Silbermöwenküken durch regelmäßige Gewichtskontrollen zu verfolgen und den Anteil der Küken, die ein Alter von > 28 Tagen erreichen und ab diesem Zeitpunkt den Zaun überspringen können (Bruterfolg), zu ermitteln (THYEN et al. 1998). Gelege mit drei Eiern wurden dabei in den meisten Jahren bevorzugt bzw. ausschließlich für die Einzäunung ausgewählt (IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.), wenngleich in der Anleitung für das Monitoring auf Mellum eine zufällige Auswahl von Gelegen vorgegeben wurde (MELLUMRAT 2019 unveröff.). Im Jahr 2015 wurden die zwanzig Gelege z. B. entsprechend der in diesem Jahr auf der gesamten Probefläche vorgefundenen Gelegegröße von 2,6 Eiern pro Gelege eingezäunt (RITSCHER 2015 unveröff.). Die Methodik der Auswahl von Gelegen zur Einzäunung ist in den allgemeinen Monitoring-Standards nicht festgelegt (THYEN et al. 1998, KOFFIJBERG et al. 2011).



**Abbildung 5:** Beispiel für eine Nestumzäunung des Bruterfolgsmonitorings mit 12,5m Umfang, verwendet bis 2015, Mellum, Foto: K.-M. Exo (Quelle: KOFFIJBERG et al. 2011).

Nach dem Legegipfel, kurz vor dem Schlupf der Gelege, wird mit dem Aufbau der Zäune begonnen (Exo et al. 1996). Zwischen 1995 und 2015 hatten die verwendeten Draht-Gitter-Zäune einen Umfang von 12,5 m (KOFFIJBERG et al. 2011). Seit 2016 wird ein

Zaunumfang von 25 m verwendet (MAYLAND-QUELHORST 2016 unveröff.). Die Form der Umzäunung richtete sich insbesondere nach der Verfügbarkeit von Landeplätzen für die Altvögel, Versteckmöglichkeiten für die Jungvögel und dem Vorhandensein von Futterübergabepätzen. Da 2017 die niedrigen Bereiche der neuen Probefläche durch ein starkes Gewitter überflutet wurden (KNOBLAUCH 2017 unveröff.), wird seitdem darauf geachtet, dass die Einzäunungen nicht in besonders niedrigen Bereichen der Probefläche liegen oder eine höhere Erhebung im inneren Bereich des Zauns vorhanden ist. Auf der alten Probefläche wurde auf eine möglichst vor Springtiden sichere Lage der umzäunten Gelege geachtet. Bei jeder Begehung zur Kontrolle der Küken wird kontrolliert, ob der Zaun noch intakt und ob Futter außerhalb des Zauns zu finden ist (RITSCHER 2015 unveröff.). Um ein Entkommen der Küken zu verhindern, wird der ca. 50 cm hohe Zaun im Boden eingegraben.

### 3.7.2. Verletzungen der Küken und Weiterentwicklung der Zäune

Durch den Zaun verursachte Verletzungen der Silbermöwenküken wurden zum ersten Mal durch LEITINGER (2011) diskutiert und von RITSCHER (2015 unveröff.) ausführlicher dokumentiert. Ab 2016 wurde daher genauer dokumentiert, ob und wie stark die Küken Verletzungen an den Schnäbeln und Krallen zeigten (MAYLAND-QUELHORST 2016 unveröff.). In den Monitoring-Daten wurden bereits ab 2002 in mehreren Jahren Schnabelverletzungen der eingezäunten Küken notiert (IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.). So stellte sich die Frage, ob die Verletzungen Auswirkungen auf die Ausfliegerate der eingezäunten Küken hatten. Um zu überprüfen, ob die Verletzungen zu einem niedrigen Ausfliegeerfolg der Küken führten, werden die dokumentierten Anteile verletzter Silbermöwenküken mit dem Bruterfolg in Zusammenhang gebracht.

Seit 2018 werden alle Zäune aufgrund der häufig festgestellten Schnabelverletzungen zusätzlich mit einer Gaze (Abb. 6, Sichtschutznetz, dunkelgrün, 140 g/m<sup>2</sup>) aufgebaut (ab 2017 bereits an zwei Zäunen getestet, KNOBLAUCH 2017 unveröff.). Dieses Material ist wetterfest, hochreißfest, beständig gegen Verrottung und UV-stabilisiert. Die 25 m lange Gaze wird im Inneren des Zaunes angebracht und zusammen mit dem Zaun in die Erde gesteckt und festgebunden, sodass die Küken nicht zwischen die Gaze und den Zaun gelangen können. Ziel ist es, durch dieses Material Verletzungen der Küken am Schnabel zu vermeiden (KNOBLAUCH 2017 unveröff., BRAUN 2018 unveröff.).



Abbildung 6: Metallzaun mit Gaze an der Innenseite und 25 m Umfang, 11.05.2018, Mellum.

### 3.8. Bruterfolg

Der Bruterfolg wird als mittlere Anzahl flügger Küken pro BP angegeben (THYEN et al. 2000). Auf Mellum wird ein Küken nach THYEN et al. (1998) als flügge gewertet, wenn es bei einer Kontrolle nicht mehr im eingezäunten Bereich gefunden wird und mindestens 28 Tage alt geworden ist. Ab einem Alter von 28 Tagen ist es möglich, dass die Küken den Zaun überspringen. Diese Definition von „flügge“ weicht deutlich von der trilateral einheitlichen Methode in KOFFIJBURG et al. (2011) ab, wonach ein Küken erst ab einem Alter von 40 Tagen als flügge gewertet wird.

### 3.9. Verlustursachen der Küken

Küken die mit einem Alter von weniger als 28 Tagen nicht im eingezäunten Bereich gefunden werden und auch bei späteren Kontrollen nicht wieder festgestellt werden, gelten als „prädiert“. Küken, die ohne erkennbare Verletzungen innerhalb der Einzäunung tot gefunden werden, sind sehr wahrscheinlich durch „natürliche“ Umstände, wie z.B. Nahrungsmangel, gestorben. Sie werden als „gestorben“ gewertet.

### 3.10. Gewichtsentwicklung der Küken

Um die individuelle Entwicklung der Küken der 20 eingezäunten Gelege verfolgen zu können, werden diese, sobald ihr Gefieder nach dem Schlupf getrocknet ist, mit einem Viehmarkierungsstift (Raidex), am Bauch und am inneren Flügel individuell farblich markiert. Ist die Schlupfreihenfolge bekannt, so wird das zuerst geschlüpfte Küken rot markiert, das zweite blau, das dritte bleibt ohne Markierung. Bei Bedarf wird die Farbmarkierung später erneut aufgetragen. Die Küken werden bei jeder Kontrolle, im Abstand von drei Tagen (ab



**Abbildung 7: Silbermöwenküken im Alter von neun Tagen beim Wiegen zur Ermittlung der Körpermasse. In der Regel wurden die Küken in einem Stoffbeutel, oder wenn sie größer wurden, einem Eimer gewogen. Mellum 08.06.2018.**

2018 sechs Tage), mit einer elektronischen Waage und einer Genauigkeit von 0,5 g gewogen (Abb. 7).

Aus den erhobenen Körpermasse-Daten wird für jedes Küken die tägliche Wachstumsrate ermittelt. Bei der Berechnung werden die Daten zwischen dem 5. und 25. Lebenstag der Küken verwendet, da das Wachstum in diesem Zeitraum annähernd linear verläuft (WILKENS & EXO 1998, CAMPHUIJSEN 2013). Für die Berechnung werden daher nur Küken berücksichtigt, die mindestens 25 Tage alt wurden und für die in diesem Alter mindestens drei Gewichtskontrollen erfolgten. Als Ausfliegegewicht wird das letzte Gewicht vor Verlassen des Zauns gewertet.

### 3.11. Wetterdaten

Wetterdaten konnten von der Wetterstation Cuxhaven des DWD aus den Jahren 1946 bis 2019 verwendet werden. Die Wetterstation Cuxhaven ist die Wetterstation mit der geringsten Distanz zu Mellum (40 km Luftlinie nach W-NW von Mellum) und einer konstanten, langjährigen Datenverfügbarkeit (DWD 2019). Für die weitere Verwendung wurden z.B. die Tageswerte der minimalen Umgebungstemperatur von März und April (Phase der Ei-Produktion und Legephase der Silbermöwen, O'HANLON 2016) zu einem Mittelwert pro Jahr zusammengeführt.

### 3.12. Statistische Auswertung

Die gesamten Daten des BEM auf Mellum (IfV/Mellumrat 2018 pers. Mitt., FRIEDRICH 2019 unveröff.) wurden in Microsoft-Excel in Tabellen verarbeitet und neu sortiert. Für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Parametern, wie z. B. der Gelegedichte und dem Brutbestand, wurden Korrelationskoeffizienten berechnet. Mit einem Shapiro-Wilk-Test wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Bei normalverteilten Daten wurde die Korrelation nach Pearson ( $r$ ) berechnet. Für nicht normalverteilte Daten wurde der Spearman-Korrelationskoeffizient ( $r_s$ ) verwendet (DORMANN 2013).

Die Daten der Ei-Volumina wurden mittels Varianzanalyse (ANOVA) auf Mittelwertsunterschiede hin verglichen. Ein anschließender Post-Hoc-Test (Tukey) ermöglicht den Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Gruppen untereinander. Für den Mittelwertvergleich von zwei Parametern, z.B. der unbestimmten Ei-Volumina und der sicher als A-, B- und C-Eier bestimmten Volumina, wurde der t-Test verwendet.

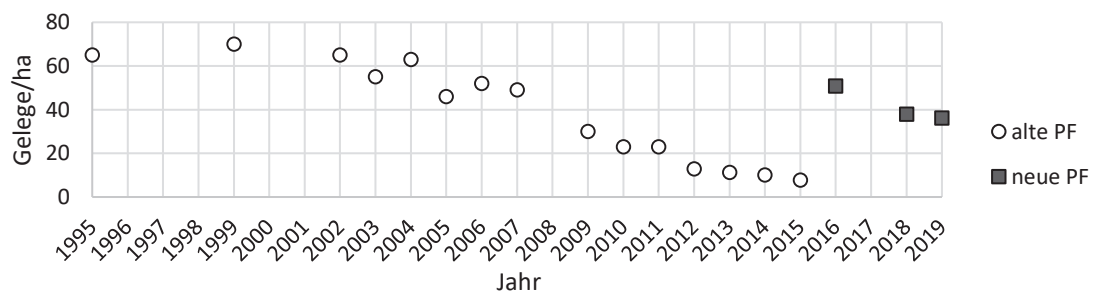
Die linearen Regressionen des Legebeginns in Abhängigkeit zum Jahr wurden in R (R CORE TEAM 2019) mit der Funktion „lm“ berechnet.

Ob die Korrelationen statistisch signifikant sind gibt die Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) an. Das Signifikanzniveau wird in dieser Arbeit wie folgt verwendet:  $p < 0,05$  = schwach signifikant,  $p < 0,01$  = signifikant,  $p < 0,001$  = hochsignifikant. Die Berechnungen wurden mit R (R CORE TEAM 2019) durchgeführt.

## 4. Ergebnisse

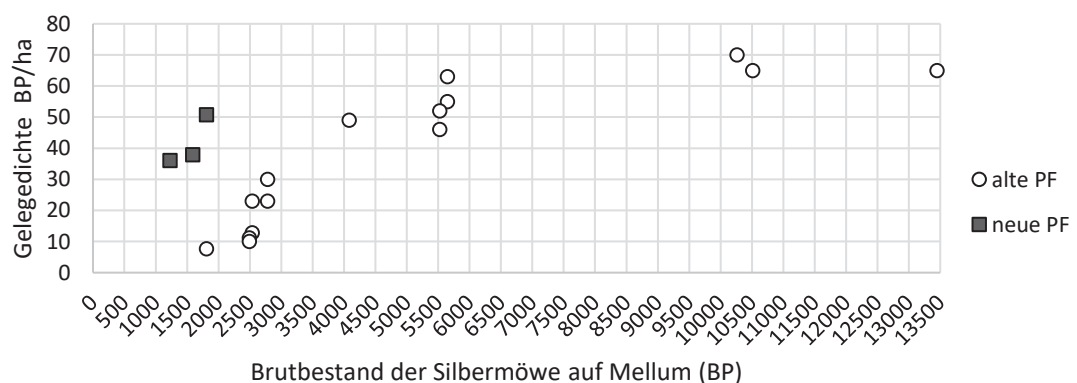
### 4.1. Gelegedichte

Die Dynamik der im Rahmen des BEM erhobenen Daten zur Gelegedichte (Abb. 8) im Süden Mellums zeigt deutliche Veränderungen der Silbermöwenkolonie im Laufe der Jahre, aber auch den Standortwechsel der Probefläche (PF). Die Gelegedichte nahm von max. 70 BP/ha 1999 (LEMKE 2010) bis zu min. 7,7 BP/ha 2015 (RITSCHER 2015 unveröff.) stetig ab. Der deutlich erkennbare Sprung von 7,7 zu 50,8 BP/ha zwischen 2015 und 2016 zeigt die anderen Bedingungen auf der neuen Probefläche (MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff.). Auf der neuen PF ist die Gelegedichte abnehmend, aber auf deutlich höherem Niveau.



**Abbildung 8: Entwicklung der Gelegedichte der Silbermöwe (Gelege pro ha) auf der Probefläche des BEM von 1995 bis 2019 auf Mellum.**

Zwischen der Entwicklung der Gelegedichte im Bereich der alten Probefläche und der Anzahl der gesamten Brutpaare auf Mellum besteht ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang ( $r_s = 0,98$ ;  $p < 0,001$ ; Abb. 9). Mit abnehmendem Brutbestand auf der gesamten Insel nahm auch die Dichte der Gelege im Bereich der alten Probefläche deutlich ab. Auf der neuen Probefläche ist die Gelegedichte hingegen deutlich höher und wurde daher in die Berechnung der Korrelation nicht einbezogen.



**Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Gelegedichte (BP/ha) auf den Probeflächen (alter und neuer Standort) und dem Brutbestand der gesamten Insel (Spearman-Korrelation, nur alte PF:  $r_s = 0,98$ ;  $p < 0,001$ ).**

## 4.2. Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum

### 4.2.1. Legebeginn

Auf Mellum ist das erste Silbermöwengelege des Jahres (erstes Ei) im Mittel der letzten 86 Jahre (1934-2019) um jährlich 0,15 Tage früher von den Naturschutzwarten entdeckt worden (Abb. 10;  $y = -0,152x$ ;  $r^2=0,357$ ;  $p < 0,001$ ). Insgesamt beträgt die Verfrühung des Legebeginns der Silbermöwe auf Mellum 13 Tage. Der späteste Zeitpunkt des ersten Gelegefundes auf der Insel war der 15. Mai im Jahr 1944, der von RITTINGHAUS (1944 unveröff.) ausführlich dokumentiert wurde. Das früheste Datum war der 18. April 2017. Im Zeitraum 1971 bis 2015 ist kein früherer Legebeginn erkennbar ( $y = 0,031x$ ;  $r^2 = 0,01$ ;  $p = 0,558$ ). Eine weite Spanne in diesem Zeitraum, von 22. April bis 6. Mai, zeigt jedoch große Unterschiede im Zeitpunkt des Legebeginns zwischen den Jahren. Für den Zeitraum des BEM auf der alten PF (1995-2015) ist eine Verspätung des Legebeginns von 0,27 Tagen pro Jahr erkennbar ( $y = 0,270x$ ;  $r^2 = 0,153$ ;  $p = 0,088$ ).

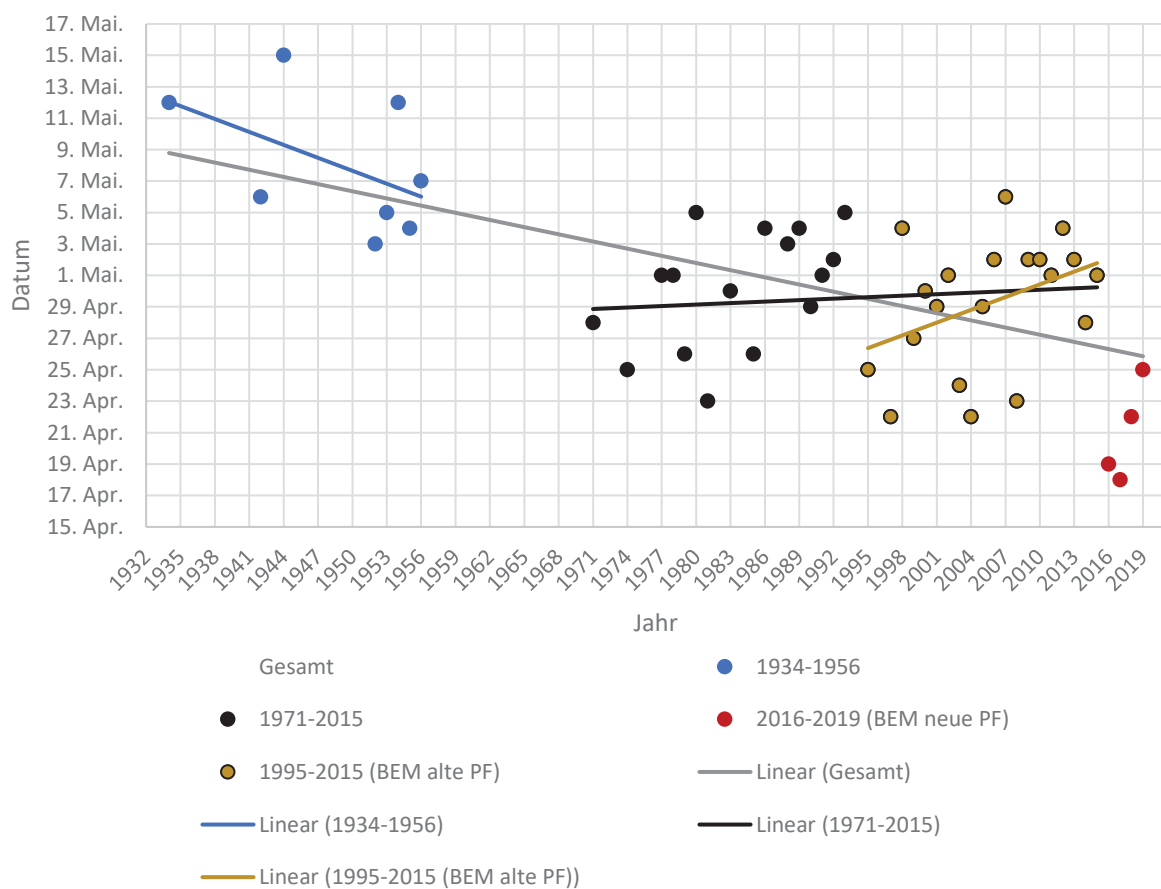


Abbildung 10: Funddatum des ersten Eies (Legebeginn) der Silbermöwe auf Mellum zwischen 1934 und 2019.

Betrachtet man einzelne Zeitfenster, so lassen sich deutliche Unterschiede im mittleren Datum des Legebeginns erkennen (Abb. 11). Lag der Legebeginn zwischen 1934 und 1956 im Mittel auf dem 8. Mai, so ist er zwischen 1971 und 1995 durchschnittlich bereits am 30. April, sowie von 1995 bis 2015 (BEM alte PF) am 29. April, entdeckt worden. Von 2016 bis 2019 wurde das erste Ei im Mittel bereits am 21. April gefunden.

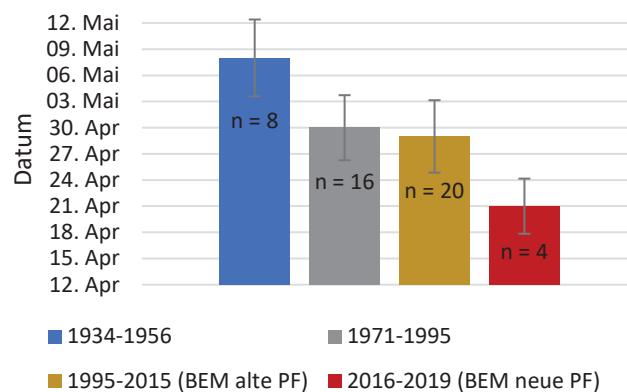


Abbildung 11: Legebeginn der Silbermöwe auf Mellum in verschiedenen Zeitfenstern, Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung. n gibt die Anzahl der Jahre mit Daten zum ersten Gelegefund pro Zeitraum an.

#### 4.2.2. Zusammenhang zwischen Legebeginn und Legedatum

Es besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem dokumentierten Datum des Fundes des ersten Eies der Silbermöwe auf Mellum pro Jahr (Legebeginn) und dem Median des Legedatums der Silbermöweneier im Bereich der BEM-Probefläche ( $r = 0,797$ ;  $p < 0,001$ ; Abb. 12+13).

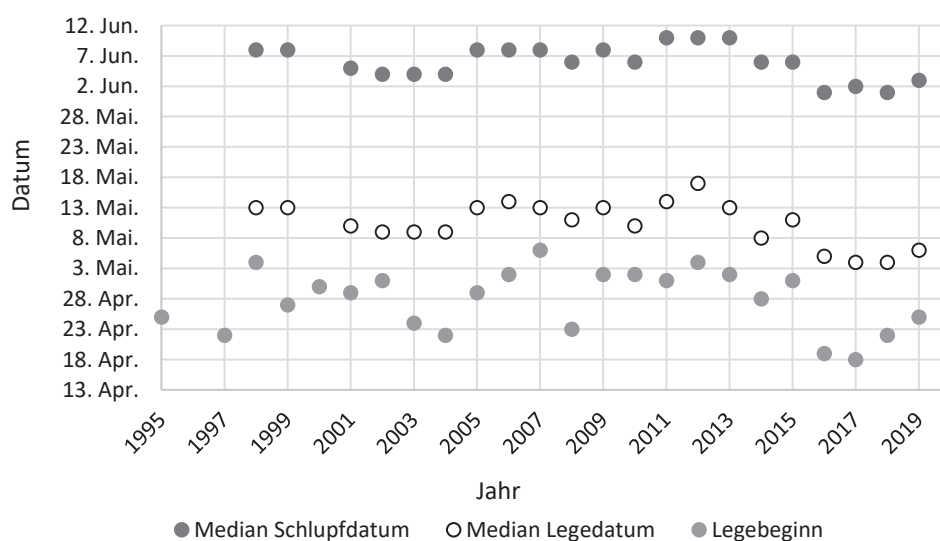


Abbildung 12: Datum des ersten Ei-Fundes auf Mellum (Legebeginn), Median des Legedatums und Median des Schlupfdatums der gesamten untersuchten Gelege der PF, zwischen 1995 und 2019.

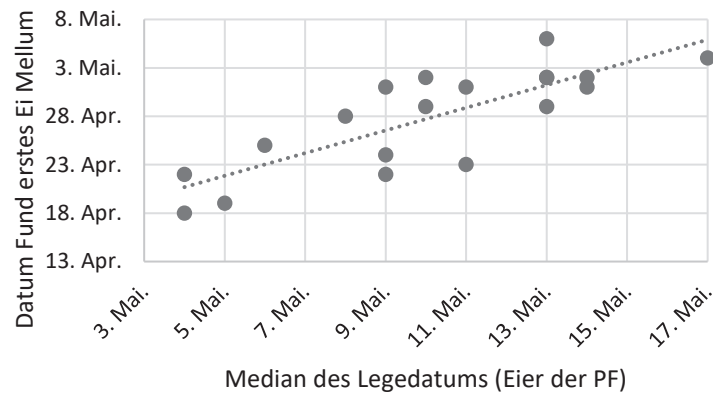


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Datum des ersten Ei-Fundes auf Mellum und dem Median des Legedatums der Eier auf der PF. ( $r = 0,797$ ;  $p < 0,001$ ).

#### 4.2.3. Legedatum und Gelegegröße

Die mittlere Gelegegröße eines Jahres zeigt keinen ausgeprägten Zusammenhang mit dem Median des Legedatums ( $r = -0,322$ ;  $p = 0,154$ ). Eine niedrigere Anzahl der Eier in den Gelegen wurde eher in Jahren festgestellt, in denen der Median des Legebeginns später lag (Abb. 14).

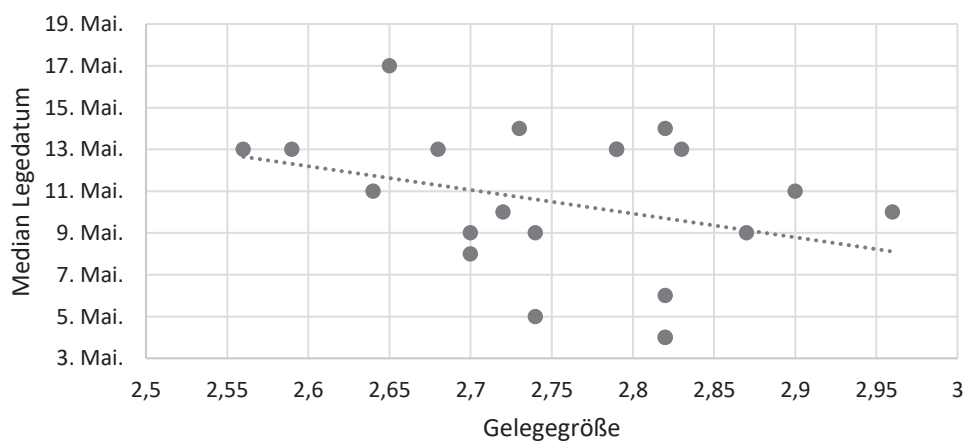


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen dem Median des Legedatums und der Gelegegröße zwischen 1998 und 2019, Daten von 2000 fehlen ( $r = -0,322$ ;  $p = 0,154$ ).

#### 4.2.4. Legebeginn und Temperatur in der Vorbrutzeit

Während die Temperatur zwischen 1952 und 2019 im Mittel gestiegen ist, wurde das erste Ei von Silbermöwen auf Mellum im Laufe der Jahre früher gefunden (Abb. 15). Zwischen der durchschnittlichen minimalen Umgebungstemperatur in der Vorbrutzeit (März + April) und dem Legebeginn im Zeitraum von 1952 bis 2018 besteht ein leichter negativer Zusammenhang, der jedoch nicht signifikant ist ( $r = -0,1959$ ;  $p = 0,2024$ ; Abb. 16).

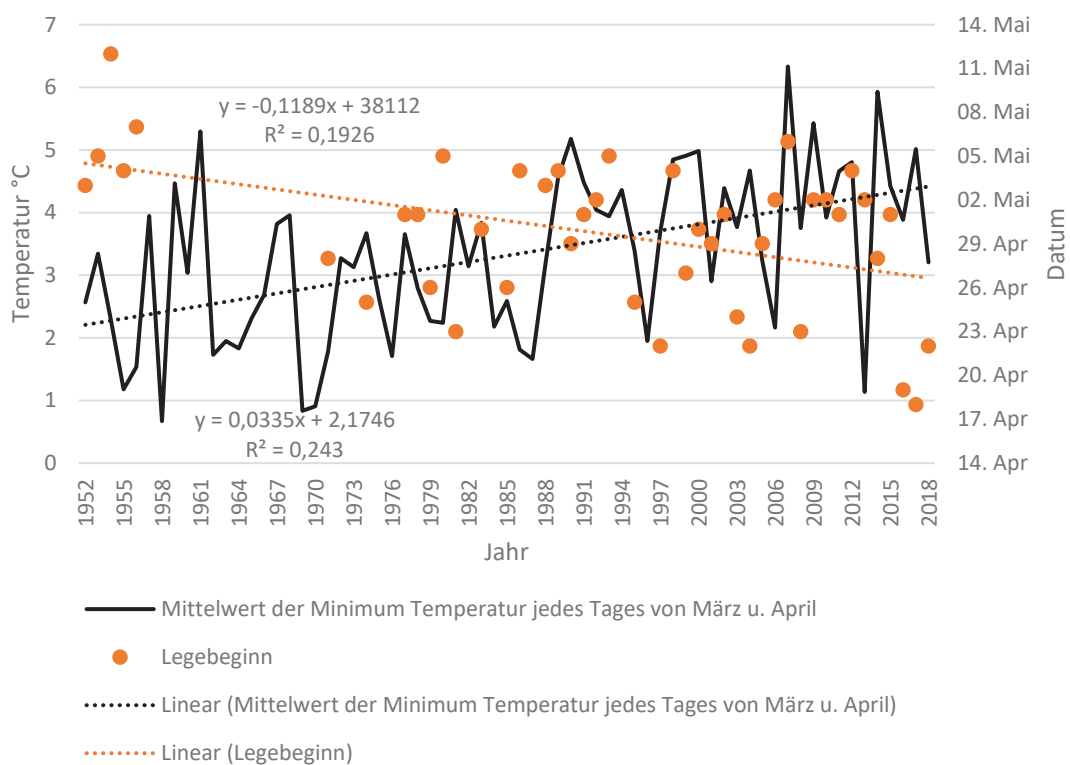


Abbildung 15: Mittlere minimale Umgebungstemperatur im März und April (Cuxhaven) und Legebeginn zwischen 1952 und 2018.

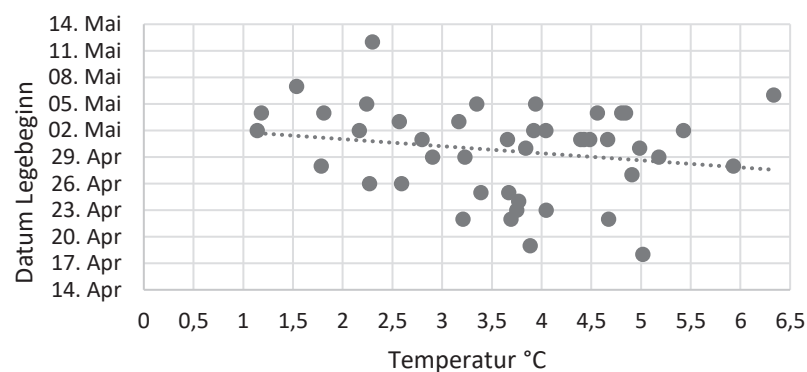


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen der mittleren minimalen Umgebungstemperatur im März und April (Cuxhaven) und dem Legebeginn (nicht signifikant:  $r = -0,1959$ ;  $p = 0,2024$ ).

### 4.3. Ei-Volumen

#### 4.3.1. Unterschiede der A-, B- und C-Ei-Volumina

Im Rahmen des BEM wurden auf Mellum insgesamt 3.127 Silbermöweneier vermessen. Das mittlere Volumen aller untersuchten Eier lag bei  $85,95 \pm 8,66 \text{ cm}^3$ . A-Eier, die sicher als erstgelegte Eier erkannt werden konnten, hatten ein mittleres Volumen von  $88,33 \pm 8,02 \text{ cm}^3$ . B-Eier hatten ein mittleres Volumen von  $86,66 \pm 9,51 \text{ cm}^3$ , C-Eier von  $82,52 \pm 7,80 \text{ cm}^3$ . Das größte Ei hatte ein Volumen von  $128,9 \text{ cm}^3$  und das kleinste von  $16,12 \text{ cm}^3$ . Das Volumen der A-, B- und C-Eier ist hochsignifikant unterschiedlich (ANOVA,  $p < 0,001$ ) (Abb. 17). So waren die C-Eier um durchschnittlich 7 % kleiner als die A-Eier ( $p < 0,001$ ). Von den A-Eiern unterschieden sich die B-Eier schwach signifikant ( $p = 0,054$ ). B- und C-Eier waren hingegen hochsignifikant unterschiedlich ( $p < 0,001$ ). Beim Vergleich der unbestimmten Eier ( $n = 1875$ ) und der als ABC-Eier sicher bestimmbaren Eier ( $n = 1253$ ) konnte kein signifikanter Unterschied im Mittelwert ( $t = 0,118$ ;  $p = 0,9062$ ) der Ei-Volumina festgestellt werden (Abb. 18).

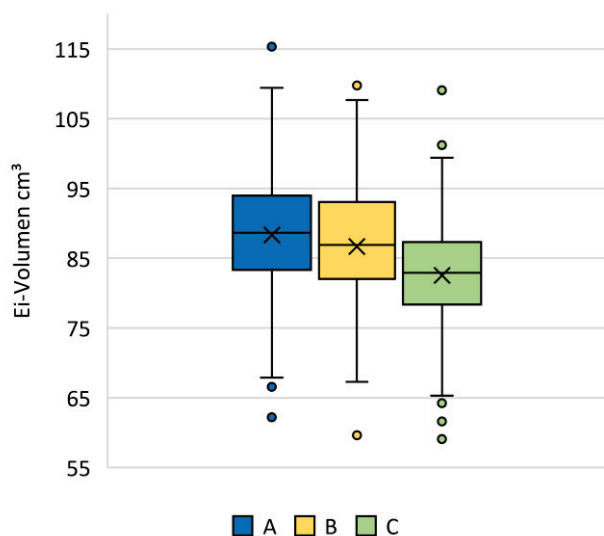


Abbildung 17: Ei-Volumina unterschieden nach A-, B- und C-Eiern (A:  $n = 528$ ; B:  $n = 288$ ; C:  $n = 437$ ), Daten der Jahre 1996-2019 (keine Daten von 2007).

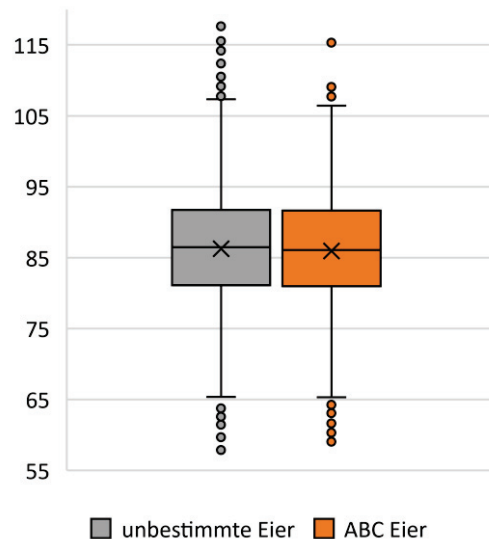


Abbildung 18: Volumina der unbestimmten Eier ( $n = 1875$ ) und der als A-, B-, C-Eier sicher bestimmbaren Eier ( $n = 1253$ ), ( $t = 0,118$ ;  $p = 0,9062$ ).

In nur einem von 21 Jahren waren die Volumina der C-Eier größer als die der A-Eier (Abb. 19). In den meisten Jahren war hingegen das durchschnittliche Volumen der A-Eier deutlich größer als das der C-Eier. Auffällig geringe Volumina hatten die drittgelegten Silbermöwen-Eier (C-Eier) in den Jahren 1996, 2005 und 2018.

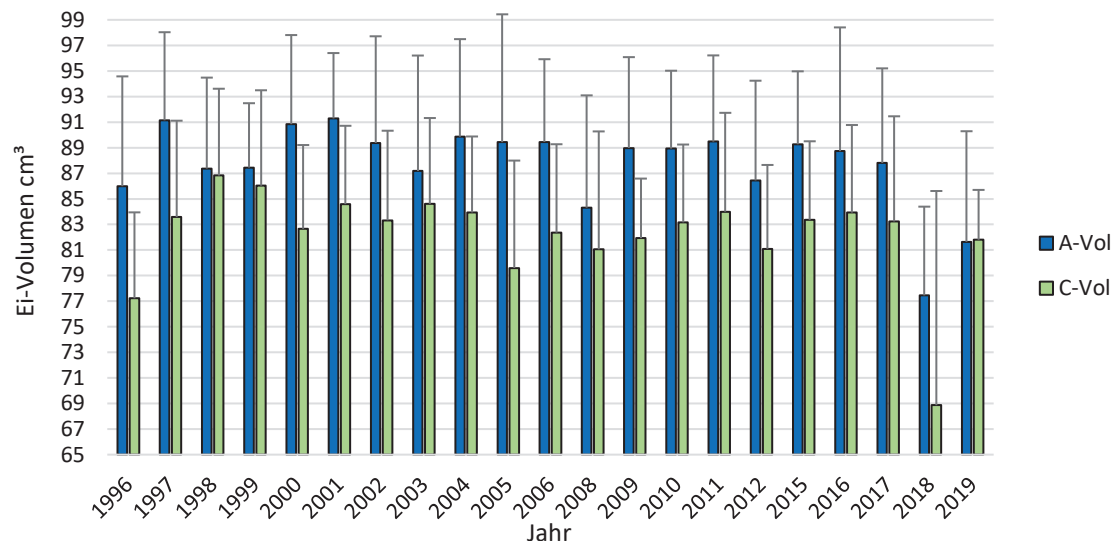


Abbildung 19: Durchschnittliche Ei-Volumina der untersuchten Silbermöweneier beim BEM der Silbermöwe auf Mellum - 1996 bis 2019 unterschieden zwischen A-Eiern und C-Eiern + Standardabweichung.

#### 4.3.2. Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina

Die Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina unterscheidet sich zwischen den Jahren z.T. sehr deutlich (Abb. 20). Der größte Unterschied zwischen A- und C-Ei-Volumina wurde 2018 mit um 12,5 % kleineren C-Eiern als A-Eiern festgestellt. Auch 2005 war die Asymmetrie besonders groß. 1998, 2003 und 2019 war der Unterschied auffallend gering. In den Jahren 1995, 1996 und 2013, 2014 war die Stichprobe der sicher der Legereihenfolge zugeordneten Eier für diesen Vergleich zu klein.

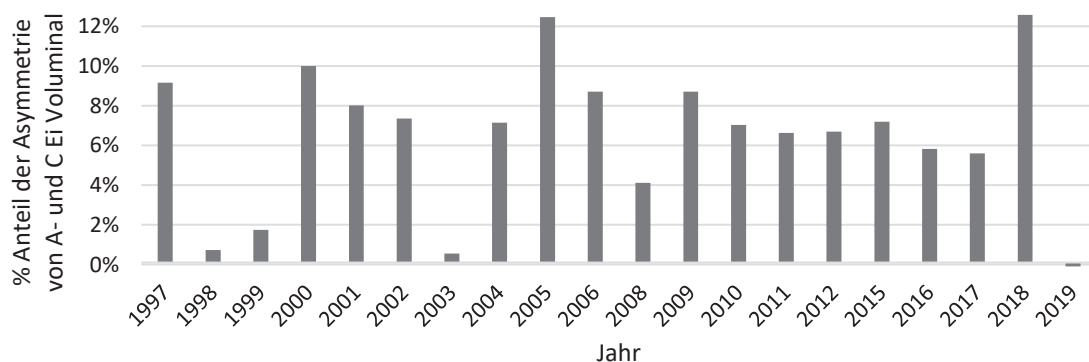
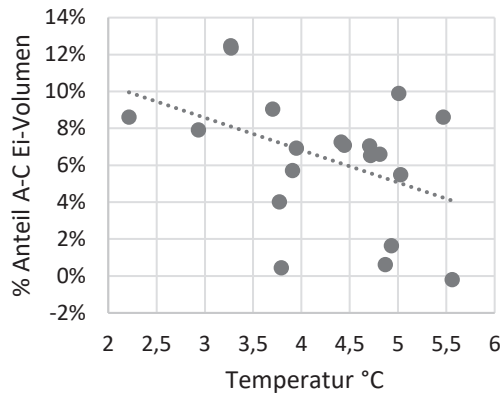
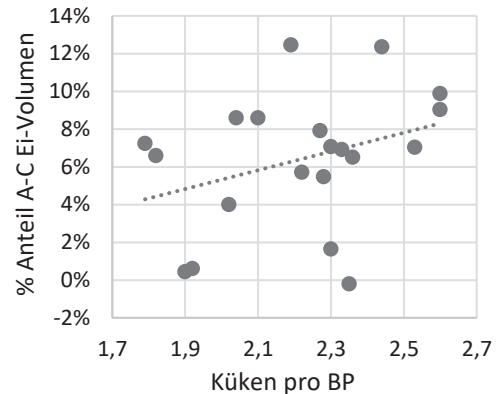


Abbildung 20: Asymmetrie der A- und C-Eivolumina nach Jahren. % Anteil C-Ei-Volumen kleiner A-Ei-Volumen

Mit abnehmender mittlerer minimaler Umgebungstemperatur in der Vorbrutzeit vergrößerte sich der Unterschied zwischen A- und C-Ei-Volumina. Dieser Zusammenhang ist nicht signifikant ( $r = 0,4283$ ;  $p = 0,059$ ; Abb. 21). Zwischen dem Anteil der geschlüpften Küken pro BP (Schlupferfolg) und der Asymmetrie der Ei-Volumina von A- und C-Eiern besteht kein Zusammenhang ( $r = -0,3348$ ;  $p = 0,4617$ ; Abb. 22).

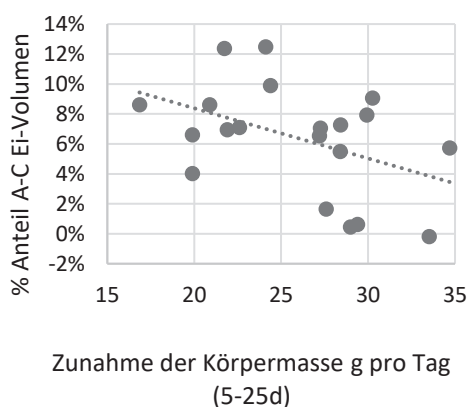


**Abbildung 22:** Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen minimalen Umgebungstemperatur im März und April (Wetterstation Cuxhaven) und der Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina ( $r = -0,4283$ ;  $p = 0,059$ ).

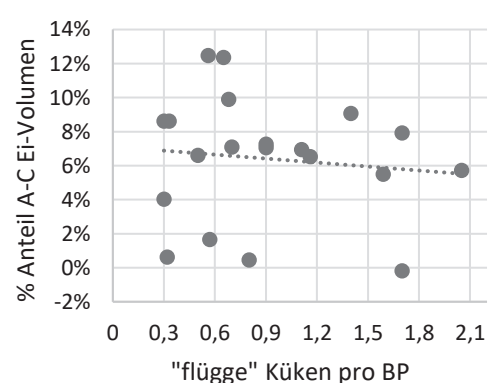


**Abbildung 21:** Zusammenhang zwischen Schlupferfolg (geschlüpfte Küken pro BP) und Asymmetrie der A- und C Ei-Volumina ( $r = -0,3348$ ;  $p = 0,4617$ ).

Je größer der Unterschied im Volumen zwischen dem erstgelegten Ei (A-Ei) und dem drittgelegten Ei (C-Ei) pro Jahr war, desto geringer war die durchschnittliche tägliche Wachstumsrate der untersuchten Küken in diesem Jahr. Dieser Zusammenhang ist schwach signifikant ( $r = -0,445$ ;  $p = 0,05$ ; Abb. 23). Zwischen Bruterfolg und der Asymmetrie der Ei-Volumina besteht kein Zusammenhang ( $r = -0,1145$ ;  $p = 0,6306$ ; Abb. 24).



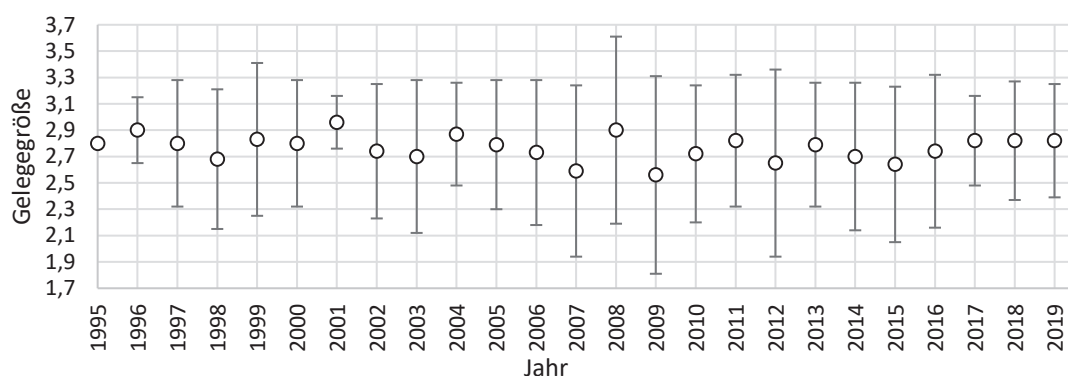
**Abbildung 24:** Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen täglichen Wachstumsrate (5. - 25. d) der Silbermöwen-Küken pro Jahr und der Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina. Schwach signifikant ( $r = -0,445$ ;  $p = 0,05$ ).



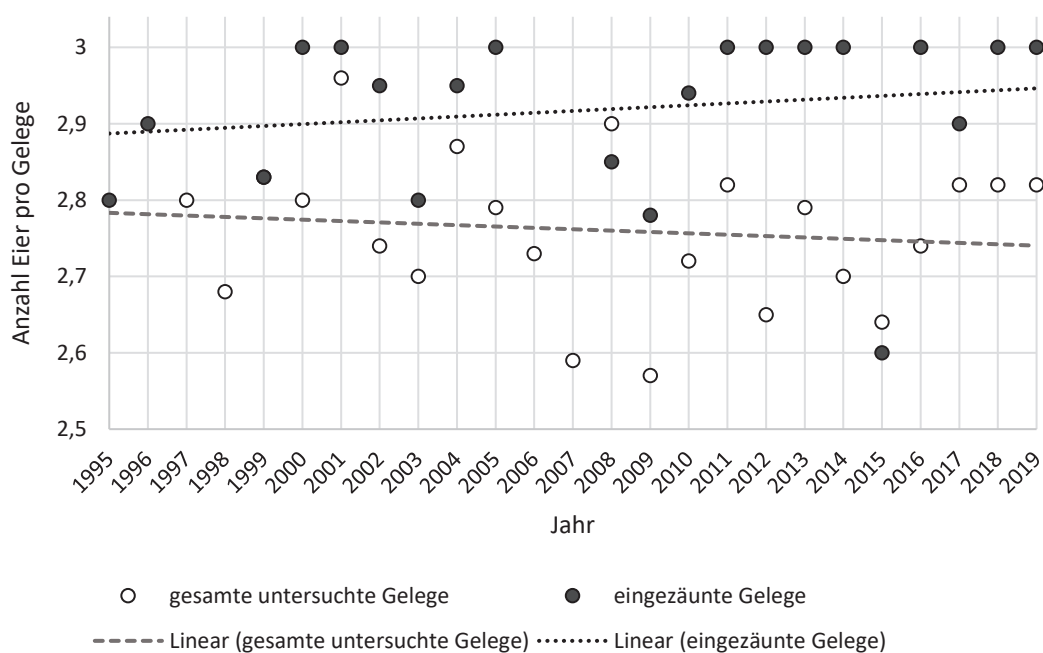
**Abbildung 23:** Zusammenhang zwischen Bruterfolg (flügge Küken/BP) und Asymmetrie der A- und C-Ei-Volumina ( $r = -0,1145$ ;  $p = 0,6306$ ).

#### 4.4. Gelegegröße

Die Gelegegröße der gesamten untersuchten Gelege lag im Mittel (der Mittelwerte aus 23 Jahren) bei  $2,75 \pm 0,1$  Eiern pro Gelege, von im Durchschnitt 53,5 untersuchten Gelegen pro Jahr (Abb. 25). Werden nur die eingezäunten Gelege betrachtet, so liegt die Gelegegröße im Mittel ( $n = 21$  Jahre) bei  $2,92 \pm 0,1$  Eiern pro Gelege, von im Durchschnitt 19,7 eingezäunten Gelegen pro Jahr. So zeigt sich ein statistisch hochsignifikanter Unterschied der Gelegegröße zwischen den gesamten untersuchten Gelegen und den eingezäunten Gelegen ( $t = 5,15$ ;  $p = < 0,001$ ; Abb. 26). In zehn von 21 Jahren wurden ausschließlich Gelege mit drei Eiern umzäunt.



**Abbildung 25:** Durchschnittliche Gelegegröße der gesamten untersuchten Gelege (Anzahl der Eier pro BP)  $\pm$  Standardabweichung der gesamten untersuchten Silbermöwengelege beim BEM der Silbermöwe auf Mellum - 1995 bis 2019.



**Abbildung 26:** Gelegegröße unterschieden nach „gesamte untersuchte Gelege“ und „eingezäunte Gelege“, hochsignifikanter Unterschied ( $t = 5,15$ ;  $p = < 0,001$ ).

## 4.5. Schlupferfolg

Der Schlupferfolg der gesamten untersuchten Gelege lag im Mittel bei  $2,21 \pm 0,21$  erfolgreich schlüpfenden Küken pro Gelege bzw. 80,5 % der Eier (Abb. 27). Bei den eingezäunten Gelegen lag der mittlere Schlupferfolg bei  $2,51 \pm 0,23$  Küken pro Gelege bzw. 86 % der Eier. Der Unterschied im Schlupferfolg der gesamten untersuchten Gelege und der eingezäunten Gelege ist statistisch hochsignifikant ( $t=4,271$ ;  $p<0,001$ , Abb. 28).

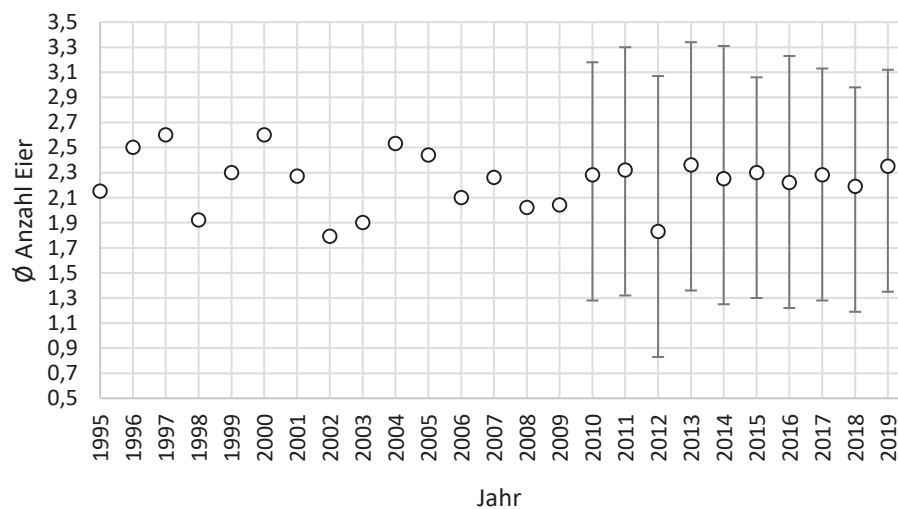


Abbildung 27: Mittlerer Schlupferfolg der gesamten untersuchten Gelege beim BEM der Silbermöwe auf Mellum – 1995 bis 2019 (1995-2009 Standardabweichung nicht verfügbar).

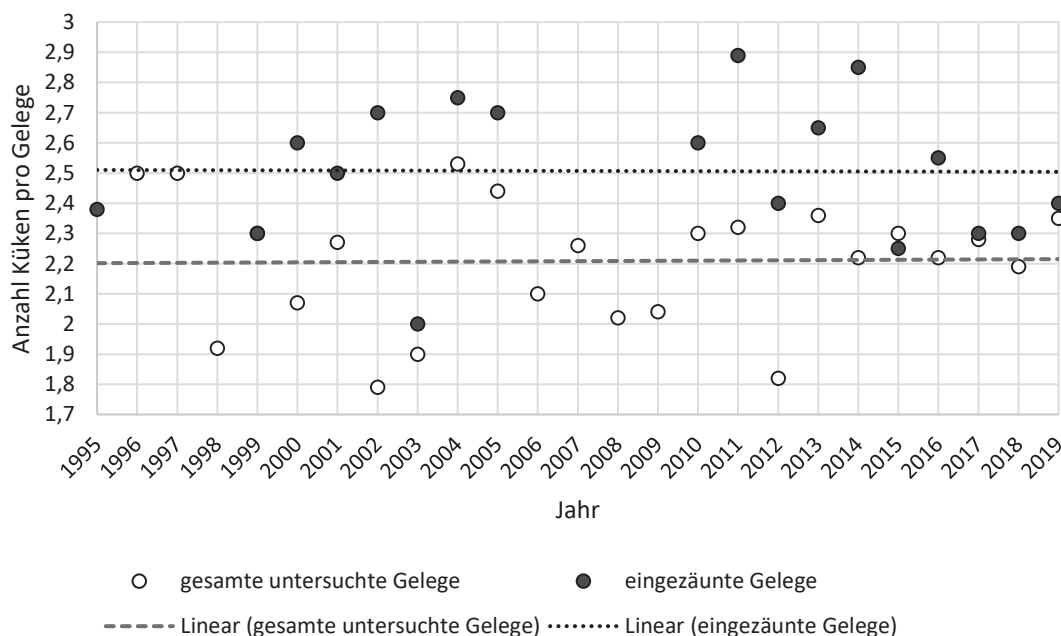


Abbildung 28: Schlupferfolg unterschieden nach „gesamte untersuchte Gelege“ und „eingezäunte Gelege“, höchst signifikanter Unterschied ( $t = 4,271$ ;  $p = < 0,001$ ).

#### 4.6. Verlustursachen der Eier

Mit 10,5 % der gesamten Eier ( $n=3005$ ) bzw. 53,9 % der nicht erfolgreich geschlüpften Eier ( $n=586$ ) war Prädation die häufigste Verlustursache. Maximal wurden im Jahr 2002 34,2 % der Eier prädiert ( $n = 57$  von 167, Abb. 29). 7,9 % der gesamten Eier waren taub. Der größte Anteil tauber Eier wurde 2018 mit 18,23 % festgestellt ( $n = 33$  von 181). Taube Eier machten 40,5 % der Verlustursachen aus. Während des Schlupfes verstarben Küken in 0,8 % der gesamten Eier. Nur 0,3 % der Eier wurden verlassen.

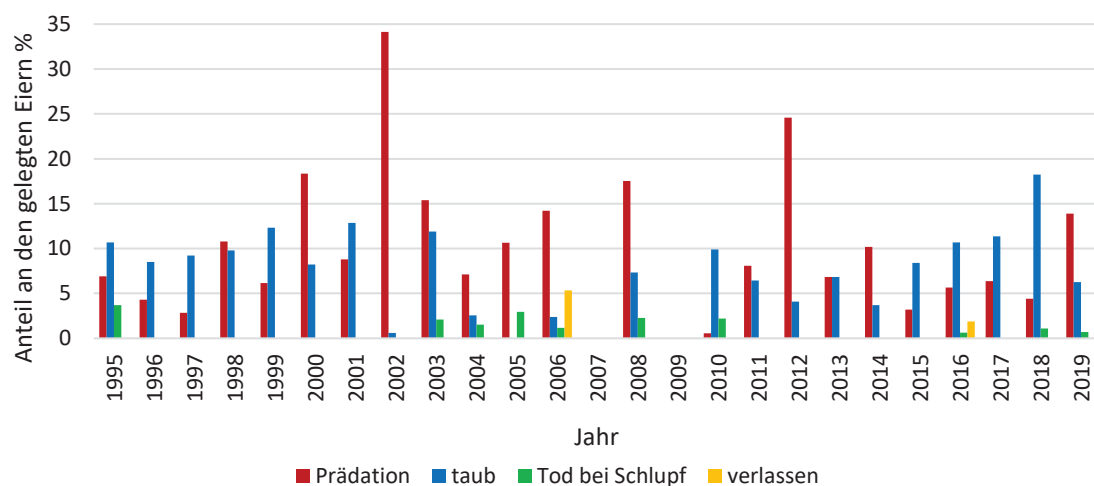


Abbildung 29: Verlustursachen der Eier zwischen 1995 und 2019.

#### 4.7. Nesteinzäunung und Verletzungen der Küken

Der Ausfliegeerfolg flügger Küken pro Brutpaar von eingezäunten Silbermöwenpaaren war besonders in den Jahren hoch, in denen die Küken den größten Anteil von Schnabelverletzungen durch die Einzäunung zeigten ( $r = 0,8$ ;  $p = 0,003$ ; Abb. 30). Weitere Informationen s. Anh. III & MAYLAND-QUELLHORST (2016 unveröff.).

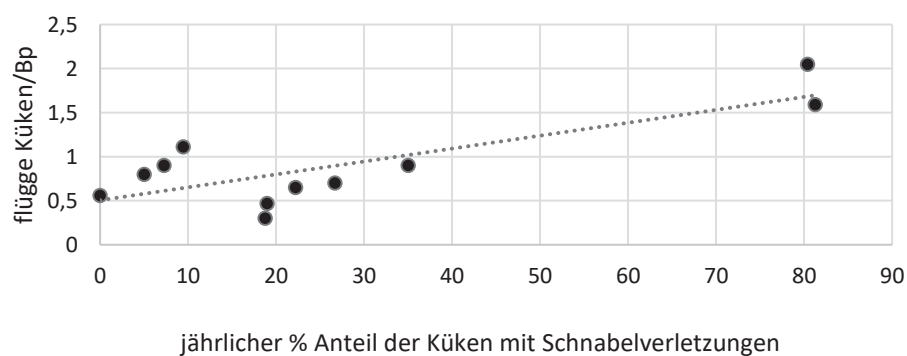


Abbildung 30: Anteil der eingezäunten Silbermöwenküken mit Verletzungen am Schnabel in Zusammenhang mit dem Bruterfolg. Nur Jahre, in denen Informationen in Berichten oder Daten zu Verletzungen angegeben wurden ( $r = 0,8$ ;  $p = 0,003$ ).

## 4.8. Bruterfolg

Der Anteil flügger Küken pro BP (Abb. 31) mit einem Alter von > 28 Tagen, die erfolgreich den Zaun überspringen konnten, lag im Mittel der 25 Jahre bei  $0,9 \pm 0,51$  flüggen Küken pro BP ( $n = 25$ ). In den 21 Jahren auf der alten Probefläche lag der mittlere Bruterfolg bei  $0,8 \pm 0,41$  flügger Küken pro BP ( $n = 21$ ). Auf der neuen Probefläche lag der Bruterfolg im Mittel der vier untersuchten Jahre bei  $1,5 \pm 0,64$  ( $n=4$ ). Für die Daten der alten Probefläche konnte keine Standardabweichung der einzelnen Jahre berechnet werden. Bei den Daten der neuen PF lag die jährliche Standardabweichung des Bruterfolges zwischen 0,69 und 1,14.

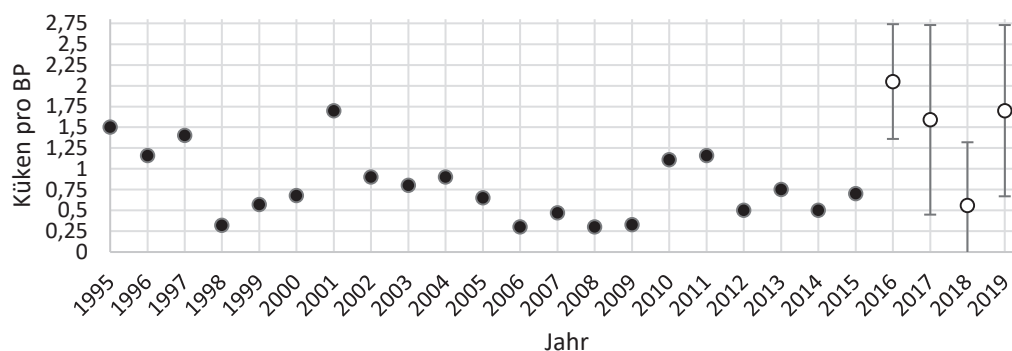


Abbildung 31: Mittlerer Bruterfolg (flügge Küken > 28 d pro BP) der Jahre 1995 bis 2015 auf der alten PF ( $0,8 \pm 0,41$  flügge Küken / BP) und ab 2016 auf der neuen PF ( $1,5 \pm 0,64$  flügge Küken / BP), von jährlich 20 untersuchten Gelegen.

## 4.9. Verlustursachen der Küken

Die Anteile der Verlustursachen der Silbermöwenküken in den Umzäunungen unterscheiden sich zwischen den Jahren teils sehr stark (Abb. 32). Maximal wurden 52,5 % der Küken prädiert (2018). Im Mittel war die Prädation mit 11,9 % (7 von 60 Küken) hingegen deutlich geringer. Ohne erkennbare Ursache (wahrscheinlich Nahrungsmangel) verstarben im Mittel 51,9 % der Küken (ca. 31 von 60 Küken). Maximal wurden 77,4 % der Küken innerhalb des Zauns tot gefunden.

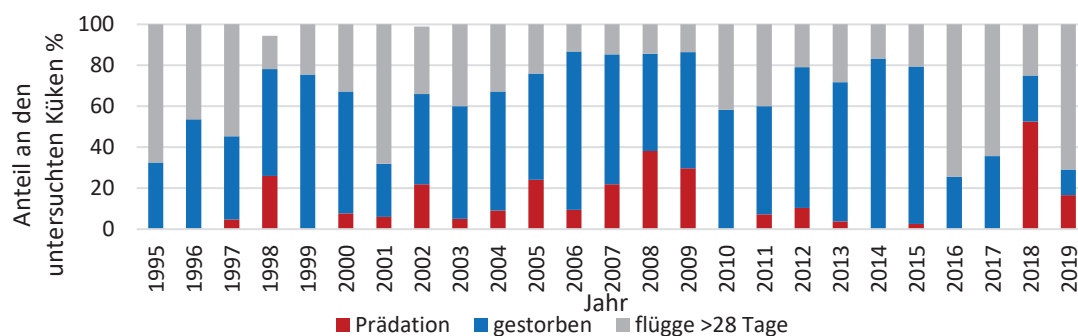
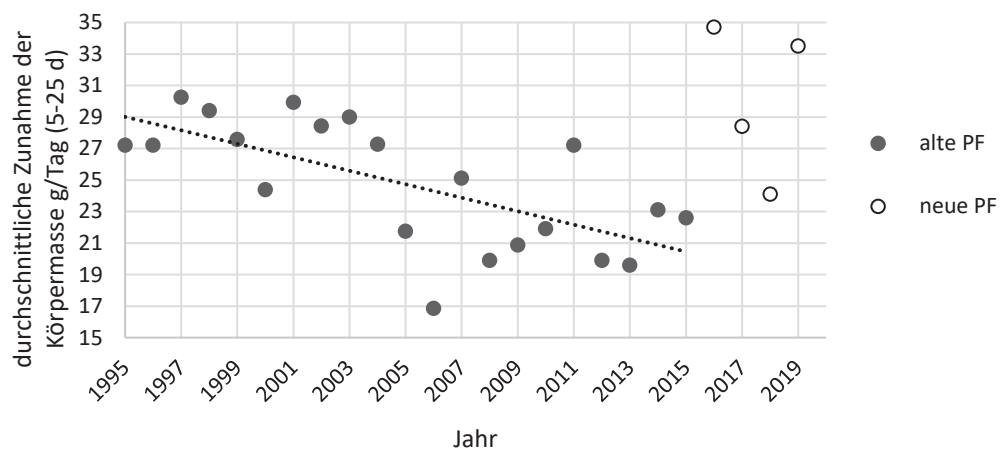


Abbildung 32: Verlustursachen der Silbermöwenküken der 20 eingezäunten Gelege pro Jahr (1995 – 2019).

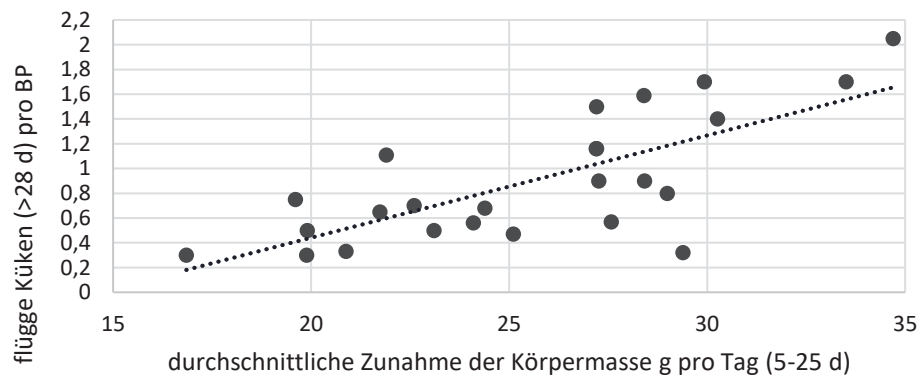
#### 4.10. Gewichtsentwicklung der Küken

Die mittlere Körpermassezunahme der untersuchten Silbermöwenküken zwischen dem fünften und 25. Lebenstag (lineares Wachstum, vgl. SPAANS 1971, WILKENS & EXO 1998, CAMPHUIJSEN 2013) auf der alten und neuen Probefläche (Abb. 33) liegt zwischen minimal 16,85 g/Tag (2006) und 34,7 g/Tag (2016). Von 1995 bis 2004 waren die Werte im Mittel bei 28,06 g/Tag, während sie von 2005 bis 2015 im Mittel bei nur 21,71 g/Tag lagen. Dieser Unterschied ist statistisch hochsignifikant ( $t = 6,28$ ;  $p < 0,001$ ).



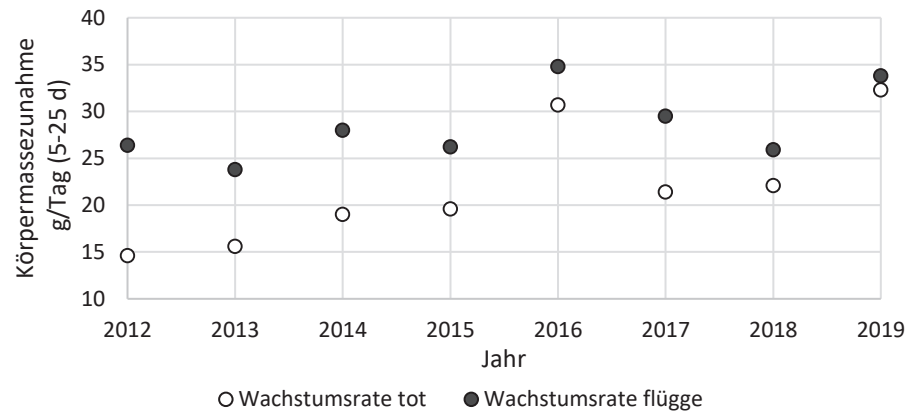
**Abbildung 33:** Durchschnittliche Zunahme der Körpermasse der Silbermöwenküken pro Jahr im Bereich der alten PF (1995-2015) und der neuen PF (2015-2019), ( $y = -0,428x$ ;  $r^2 = 0,4428$ ;  $p < 0,001$ ).

Zwischen dem festgestellten Ausfliegerfolg der untersuchten Küken innerhalb der Einzäunungen ( $n = 20$ ) und der täglichen Wachstumsrate dieser Küken zwischen dem fünften und 25. Lebenstag besteht ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang ( $r = 0,74$ ;  $p < 0,001$ ; Abb. 34). So nahm in Jahren mit gutem Bruterfolg der Silbermöwen auch die Körpermasse der Küken täglich stärker zu als in Jahren mit geringem Bruterfolg.



**Abbildung 34:** Durchschnittliche Zunahme der Körpermasse der Silbermöwenküken in g pro Tag (zwischen dem 5. und 25. Lebenstag) und Ausfliegerate (Anzahl flügge Küken) für die Jahre 1995 bis 2019 ( $r = 0,74$ ;  $p < 0,001$ ).

Küken, die verstarben oder prädiert wurden (tot), hatten eine schwach signifikant geringere tägliche Massezunahme zwischen dem fünften und 25. Lebenstag als Küken, die als „flügge“ gewertet wurden (Abb. 35). So hatten die gestorbenen Küken eine mittlere Gewichtsentwicklung von  $21,9 \pm 6,5$  g / Tag (Mittel aus 8 Jahres Mittelwerten) und die erfolgreich ausgeflogenen Küken von  $28,6 \pm 3,9$  g/Tag.



**Abbildung 35:** Vergleich der mittleren Gewichtsentwicklung (zwischen dem 5. und 25. Lebenstag) der gestorbenen und der flüggen Küken. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $t = -2,48$ ;  $df 11,5$ ;  $p = 0,03$ ).

## 5. Diskussion

### 5.1. Gelegedichte und Lage der Probefläche

Der Silbermöwen-Brutbestand hat auf Mellum in den vergangenen zwanzig Jahren stark abgenommen. In diesem Zusammenhang ist die Gelegedichte im Bereich der PF, wie es zu erwarten war, ebenfalls stetig gesunken. Der Wechsel des Standortes der PF im Jahr 2016 führte zu einem deutlich erkennbaren Sprung in der Gelegedichte (s. Abb. 8, 4.1.).

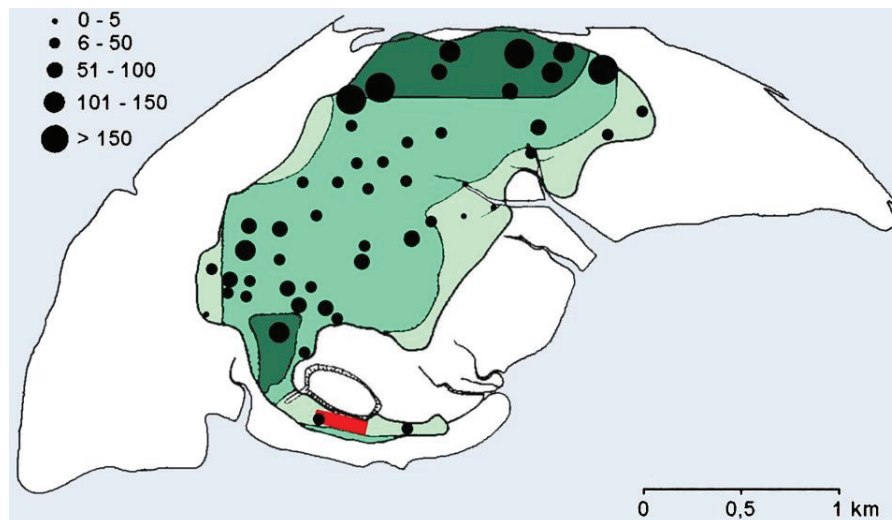


Abbildung 36: Verteilung der Gelegedichte im Jahr 1995 (schwarze Kreise = Anzahl gezählter Gelege in den Transekten 50 x 50 m), Quelle: WILKENS & EXO (1998), verändert durch KIPKEW (2002 unveröff.). Hellgrün – geringe Dichte (15 BP/ha), mittelgrün – mittlere Dichte (49 BP/ha), dunkelgrün – hohe Dichte (126 BP/ha), rot - alte PF.

Der Standort der Probefläche ist ein wichtiger Faktor für die Repräsentativität der Monitoring-Ergebnisse (EXO et al. 1996, MERCKER 2014 unveröff.). Nach den Vorschlägen von EXO et al. (1996) und den TMAP-Methodenstandards (KOFFIJBERG et al. 2011) soll die Dauerprobefläche sowohl zentral als auch am Rand einer Kolonie gelegene Nester umfassen. Die Lage der alten PF auf Mellum entsprach nicht diesen Vorgaben, denn der Standort lag im dünn besiedelten Randbereich der Kolonie um Störungen im Zentrum der Insel zu vermeiden und ist daher nicht repräsentativ (Abb. 36, rot). Aufgrund fehlender aktueller Auswertungen zur Verteilung der Silbermöwen-Gelege für Gesamt-Mellum (die Daten der Bestandserfassung auf den 50 Zufallsprobeflächen, alle 2 Jahre, standen für die Auswertung nicht bereit) kann nicht beurteilt werden, ob der neue Standort der PF (ab 2016), direkt westlich des Ringdeichs (Abb. 36, dunkelgrün), repräsentativer ist. Im Hinblick auf die erheblichen Bestandsrückgänge dieser Kolonie ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Verteilung heute deutlich anders darstellt als 1995 (Abb. 36).

Dass die verschiedenen Bereiche der Insel Mellum keine gleichwertigen Nistplätze für Silbermöwen darstellen, verdeutlichen Untersuchungen von WILKENS & EXO (1998), welche den Bruterfolg auf der Süd- und Norddüne Mellums in Abhängigkeit zur Gelegedichte vergleichen. Im Süden wurde später mit der Brut begonnen, die Gelegedichte war geringer und der Bruterfolg höher. Für den geringeren Bruterfolg im dicht besiedelten Bereich der Norddüne wurden als Ursache mehr Küken-Verluste durch Kannibalismus angenommen (WILKENS & EXO 1998, vgl. PARSONS 1971, CAMPHUIJSEN 2013). Auch die durchschnittliche Größe der Ei-Volumina kann sich je nach Standort unterscheiden (BECKER & ERDELEN 1986), und die Vegetationsstruktur, die sich auf Mellum stetig weiterentwickelt (NLPV NI. WATTENMEER 2019), bietet für den Neststandort verschiedene Bedingungen (BECKER & ERDELEN 1982 u. 1986, CALLADINE 1997). Die Distanz zu nahrungsreichen Gebieten ist verschieden groß (WILKENS & EXO 1998, SCHWEMMER et al. 2019). Daher sind die Gelege nicht gleichmäßig auf der gesamten Insel verteilt (Abb. 36).

Einfluss auf die Gelegedichte der brutorttreuen Silbermöwe (BAUER et al. 2005) könnte auch die jährlich erneute Untersuchung der Brutpaare auf der Dauerprobefläche haben, da „die regelmäßige systematische Begehung der Probeflächen zwangsläufig zu einer Störung des Brutgeschehens und damit vermutlich zu einer Reduktion des Bruterfolgs führt“ (BECKER & EXO 1991). So kann man davon ausgehen, dass einige Silbermöwen die Begehungen mit „schlechten Erfahrungen“ verknüpfen, die zum Nistplatzwechsel führen können (DROST et al. 1961). Bei den ersten Untersuchungen zum Bruterfolg der Silbermöwe auf Mellum 1979-1981 war die Gelegedichte im ersten Jahr deutlich höher als in den darauffolgenden Jahren (BECKER & EXO 1991). So könnten die Aktivitäten des BEM auf der Dauerprobefläche durch fehlende Neuansiedlungen oder Abwanderung von Silbermöwen-Paaren in andere Bereiche der Insel zu einer verstärkten Abnahme der Gelegedichte innerhalb der PF geführt haben. Ob die Gelegedichte auf der alten PF stärker gesunken ist als im Durchschnitt der Insel, kann aufgrund fehlender Vergleichswerte nicht beurteilt werden. Im Laufe des BEM auf Mellum ist die Probefläche im Süden immer schmaler geworden (RITSCHEL 2015 unveröff.). Möglicherweise ist die Gelegedichte deshalb dort besonders gesunken.

## 5.2. Legebeginn, Legedatum und Schlupfdatum

Silbermöwen beginnen im Zusammenhang mit Bestandszunahmen und höherer Gelegedichte früher mit der Brut (SPAANS et al. 1987) und brüten bei reduzierter Gelegedichte später (COULSON et al. 1982). Dichteabhängige Unterschiede des Legebeginns stellten WILKENS & EXO (1998) auch auf Mellum fest (s. 5.1.). Diese könnten eine Erklärung für die deutlich späteren Funde der ersten Silbermöwen-Gelege auf Mellum in den 1930er bis 1950er Jahren sein, denn der Brutbestand war in dieser Zeit noch wesentlich geringer und die Fläche der Insel noch deutlich kleiner (SCHÖNEBORN & BREUER 2010) als in den 1980er und 1990er Jahren. Es sind jedoch auch mögliche Störungen durch die Kriegsjahre zu beachten (CLEMENS & ENSELMANN 2010). Während der Brutbestand und die Gelegedichte zwischen 1995 und 2015 erheblich abnahmen, verspätete sich auch der Legebeginn in diesem Zeitraum (BEM - alte PF).

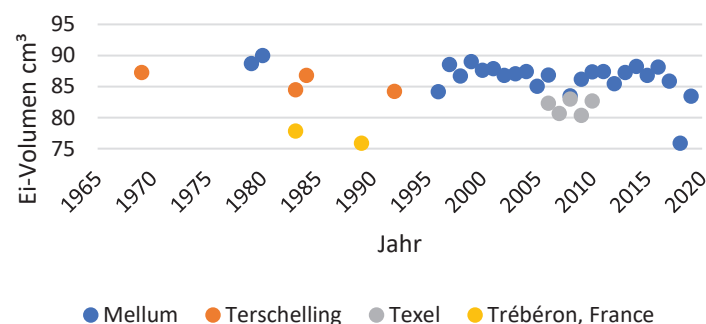
Die Veränderungen des Legebeginns auf Mellum wurden bereits von LEMKE (2010) dargestellt, jedoch nicht auf Abhängigkeit vom Datum des Saisonbeginns der Naturschutzwarte auf Mellum geprüft, sodass die Verfrühung über den gesamten Zeitraum stärker angegeben wurde als in der aktuellen Auswertung (Abb. 10). Jährliche Unterschiede kann die Untersuchungsintensität der Naturschutzwarte im Gelände ergeben, da die ersten Silbermöwen-Gelege nicht systematisch gesucht werden. Dennoch korrelierte der Fund des ersten Eies der Kolonie wie in Finnland (KILPI 1992) signifikant mit dem Median des Legebeginns der Silbermöwen (der BEM-PF). Dies zeigt, dass die Zufallsbeobachtung des ersten Ei-Fundes als Wert für den Beginn der Bebrütungsphase aussagekräftig ist.

Die Vorverlegung des Brutbeginns in Zusammenhang mit früher einsetzendem Frühling ist bei vielen Arten, z. B. in der Arktis, nachgewiesen (DESCAMPS et al. 2019). Bei Arten, die sich von der Meeresoberfläche und wie Silbermöwen im Watt ernähren, war diese Verfrühung deutlicher als bei tauchenden Arten (DESCAMPS et al. 2019). Die Veränderungen des Legebeginns der Silbermöwen zwischen 1954 und 2019 auf Mellum stehen jedoch in keinem signifikanten Zusammenhang mit einer im Mittel wärmeren minimalen Umgebungstemperatur in der Vorbrutzeit (März + April, Cuxhaven). In Jahren mit früh einsetzendem Frühling hielten sich Silbermöwen finnischer Kolonien jedoch

zeitiger im Frühjahr in der Kolonie auf, da sie sehr flexibel auf Veränderungen innerhalb einzelner Jahre reagieren können (KILPI 1992).

### 5.3. Ei-Volumen

Die zuerst gelegten Eier der Silbermöwen auf Mellum sind deutlich größer als die dritten Eier. Diese Unterschiede im Ei-Volumen in Abhängigkeit zur Legereihenfolge sind auch aus zahlreichen weiteren Studien an Silbermöwen-Gelegen bekannt (PARSONS 1970, SPAANS et al. 1987, PONS 1992, KILPI 1995, BUCKACINSKA et al. 1996, CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010, CAMPHUIJSEN 2013). Im Vergleich mit anderen Silbermöwen-Kolonien sind die jährlichen durchschnittlichen Volumina der untersuchten Eier auf Mellum relativ groß (Abb. 37). Im Jahr 2018 waren sie jedoch auf gleichem Niveau mit den Eiern von Trébérón 1989 (PONS 1992), wo für dieses Untersuchungsjahr ein erheblicher Nahrungsengpass durch die Einführung einer Müllverbrennungsanlage beschrieben wurde. Auf Mellum war Mitte März 2018 das Watt durch Frost und niedrige Wasserstände bei Ostwind großflächig vereist (vgl. MENKE et al. 2018), und Nahrungsengpässe könnten 2018 auch auf Mellum die Ursache gewesen sein, während in früheren frostigen Frühjahren (z.B. 1996) noch Zugänge zu anthropogenen Nahrungsquellen vorhanden waren (BELLEBAUM et al. 2000, DIERSCHKE 2006, MARKONES & GUSE 2007).



**Abbildung 37: Vergleich der durchschnittlichen Ei-Volumina von Mellum und aus vergleichbaren Studien (Mellum 1979, 1980: BECKER & ERDELEN 1986, Terschelling: SPAANS et al. 1987, BUCKACINSKA et al. 1996; Texel: CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010, Trébérón: PONS 1992).**

Die Umgebungstemperatur kann als Indikator des Entwicklungszustandes der Nahrung der Silbermöwe dienen (O'HANLON 2016). So haben besonders frostige Temperaturen zur Folge, dass sich z.B. Strandkrabben (*Carcinus maenas*) weniger im Eulitoral ansiedeln (WOLF & TÜRKAY 1997 in BEHRENDTS et al. 2004) und daher nicht für Silbermöwen als Nahrung erreichbar sind. Silbermöwen benötigen bei geringeren Umgebungstemperaturen aber auch mehr Energie für ihre Thermoregulation, welche

sie dann nicht in ihre Eier investieren können (O'HANLON 2016). Bei niedrigerer Umgebungstemperatur in der Vorbrutzeit (März und April) war der Unterschied der Ei-Volumina von A- und C-Eiern größer. Während dieser Zusammenhang auf Mellum knapp nicht signifikant war, konnte in schottischen und nordirischen Silbermöwen-Kolonien ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Hier waren bei wärmerer Umgebungstemperatur während der Vorbrutzeit die Eier größer (O'HANLON 2016).

BUKACINSKA et al. (1996) konnten einen Zusammenhang der Größe von C-Eiern mit der Nahrungsverfügbarkeit feststellen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen des BEM und spricht für Nahrungsengpässe, worauf auch der Zusammenhang mit der Wachstumsrate hindeutet. In den Jahren, in denen die Asymmetrie der Volumina von A- und C-Eiern der Mellumer Silbermöwen besonders groß war, konnte eine niedrigere Wachstumsrate der Küken festgestellt werden. Wie auch weitere Untersuchungen an Silbermöwen (PARSONS 1970) und an Heringsmöwen (BOLTON 1992) zeigen, sorgt das größere Ei-Volumen für eine bessere Fitness der schlüpfenden Küken und eine höhere Überlebensrate der Küken. Auch der Bruterfolg finnischer Silbermöwen war, bei geringerer Asymmetrie der A- und C-Ei Volumina, größer (KILPI 1995). Ein Zusammenhang mit den Bruterfolgswerten konnte bei den Mellumer Daten nicht belegt werden.

#### 5.4. Gelegegröße

Silbermöwen legen nach CAMPHUIJSEN (2013) in der Regel 3 Eier, aber ca. 17 % der Gelege sind Zweiergelege. So liegt die Gelegegröße im Mittel bei 2,72 Eiern pro Gelege auf Texel (CAMPHUIJSEN 2013). Die Gelegegröße der gesamten untersuchten Mellumer Silbermöwen ist mit durchschnittlich 2,75 Eiern pro Gelege nahezu gleich. Im Gegensatz dazu führte die bevorzugte Auswahl von Dreiergelegen für die Umzäunung zu hochsignifikanten Unterschieden in der Gelegegröße der eingezäunten Gelege. So ist die Anzahl der Eier dieser Gelege mit im Mittel 2,92 deutlich größer und kein repräsentativer Wert.

#### 5.5. Schlupferfolg

Im gesamten Wattenmeer liegt der Schlupferfolg der Silbermöwe in einzelnen Jahren und Kolonien zwischen 25 % und 95 % (THORUP & KOFFIJBURG 2016). Auf Texel schlüpfen im Mittel 71,3 % der Eier erfolgreich (2006-12, CAMPHUIJSEN 2013). In den Jahren von 1995 bis 2019 lag der Schlupferfolg auf Mellum zwischen 65,3 % und 88,8 % und wies

weniger starke Extremwerte auf wie die Daten des gesamten Wattenmeeres (THORUP & KOFFIJBERG 2016). Der Mittelwert ist auf Mellum ca. 10 % höher als auf Texel und liegt im oberen Bereich der wattenmeerweiten Daten, was auf sehr geringe Störungen hindeutet.

Die bevorzugte Auswahl von Dreiergelegen für die Umzäunung führte zu einem höheren durchschnittlichen Schlupferfolg dieser Gelege, der sich hochsignifikant von den gesamten auf Mellum untersuchten Gelegen unterscheidet. Der Mittelwert dieser 20 Gelege liegt jedoch noch unterhalb des höchsten Mittelwertes im gesamten Wattenmeer und auf Mellum. Ei-Verluste wurden an den Umzäunten Gelegen kaum erhoben, da die Gelege erst kurz vor dem erwarteten Schlupf ausgewählt wurden.

Dieses Problem wurde 1996 bereits erkannt und in den Daten vermerkt:

*„Durch eine selektive, d.h. nicht repräsentative Auswahl der untersuchten Nester können die ermittelten Werte für die Parameter Gelegegröße (Bevorzugung von Dreiergelegen möglich) und Schlupferfolg (frühzeitig ausgeraubte Gelege möglicherweise unterrepräsentiert) sowie, daraus resultierend, für die Brutgröße nur eingeschränkt auf die Gesamtkolonie übertragen werden.“ (IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt., Kommentar in BEM-Daten aus dem Jahr 1996).*

Das Zitat bezieht sich auf 16 umzäunte Gelege 1996 in der Süddüne. Offenbar wurden in vielen Untersuchungsjahren Dreiergelege bevorzugt eingezäunt, da man eine ausreichende Anzahl erfolgreich schlüpfender Eier für die Untersuchung der Gewichtsentwicklung der Küken sichern wollte.

## 5.6. Verlustursachen der Eier

Prädation war auf Mellum die häufigste Verlustursache bei Eiern (10,5 % aller Eier, Abb 29.). Zwischen den Verursachern der Prädation konnte nicht unterschieden werden. So bleibt offen, ob intraspezifischer Ei-Raub oder andere Arten, wie Heringsmöwe, Mantelmöwe oder Rabenkrähe für die Ei-Verluste verantwortlich waren (vgl. THYEN et al. 2000). Hohe Ei-Verlustraten in Silbermöwen-Kolonien werden mit Nahrungsengpässen in Verbindung gebracht (PONS 1992, BUKACINSKA et al. 1996, FOSTER et al. 2017) und steigen mit zunehmender Gelegedichte (SPAANS et al. 1987). Es ist

auffällig, dass die Prädation von Eiern 2002 am höchsten war, während zwischen 2001 und 2003 der Brutbestand um über 45 % zurück ging. Dies spricht für Nahrungsmangel, welcher durch neue Verfahren der Behandlung organischer Abfälle, die ab spätestens 1. Juni 2002 vorgeschrieben waren (BUNDESREGIERUNG 1993, TASI), entstanden sein könnte, wenngleich die Schließung der offenen Mülldeponien erst ab 2005 vorgeschrieben war. Mellumer Silbermöwen nutzten bis zu diesem Zeitpunkt zum Großteil die Mülldeponien in der Umgebung zur einfachen Nahrungsaufnahme (WILKENS & EXO 1998, MENKE 2004, DIERSCHKE 2006). Intraspezifischer Eier-Raub könnte in Folge des Nahrungsmangels plötzlich gestiegen sein (vgl. PONS 1992).

### 5.7. Nesteinzäunung und Verletzungen der Küken

In der Entwicklungsphase des trilateralen BEM wurden verschiedene Zaun-Typen getestet, um einen Zaun zu finden, der verhindert, dass sich die Küken selbst verletzen (Exo et al. 1996, KOFFIJBERG et al. 2011). Der sehr stabile Drahtgitter-Zaun, welcher auf Mellum verwendet wird, wurde empfohlen (KOFFIJBERG et al. 2011). So wurde zunächst davon ausgegangen, dass die Methode der Nestumzäunung keine negativen Effekte ergibt (Exo et al. 1996, begründet durch langjährige Untersuchungen an Flusseeschwalben und Tests auf Mellum). Verhaltensregeln und einheitliche Methoden für die Feldarbeit wurden aufgestellt, um Beeinträchtigungen auf das Minimum zu reduzieren (EXO et al. 1996, KOFFIJBERG et al. 2011).

Gelegeaufgaben durch das Installieren der Zäune wurden nicht festgestellt, welche ein klares Zeichen für Beeinträchtigungen gegeben hätten (Exo et al. 1996). Schnabelverletzungen der Küken durch die Umzäunung des BEM wurden jedoch auf Mellum seit 2002 regelmäßig beobachtet (IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt., LEITINGER 2011, RITSCHER 2015 unveröff.) und seit 2016 systematisch erfasst (MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff.). Solche Verletzungen wurden auch auf der Insel Trischen im Rahmen der TMAP-Bruterfolgsermittlungen dokumentiert (GNEP 2014 unveröff.). Je größer der Anteil flügger Küken auf Mellum war, desto größer war in diesen Jahren der Anteil der Küken mit Verletzung am Schnabel. Die Verletzungen traten eher bei älteren Küken, ab einem Alter von ca. 14 Tagen in Erscheinung (GNEP 2014 unveröff., MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff.). Doch junge Silbermöwen können bereits in den ersten Lebenstagen sehr mobil sein (BECKER & EXO 1991). Das Verletzungsrisiko wurde besonders groß, wenn die

Silbermöwenküken in der Lage waren mit viel Energie gegen die Umzäunung zu laufen (GNEP 2014 unveröff., MAYLAND-QUELLHORST 2016). In Jahren, in denen viele Küken in den Nestumzäunungen flügge wurden, erreichten auch dementsprechend mehr Küken ein Alter, in dem sie aktiv gegen den Zaun laufen konnten.

Offenbar führten diese Schnabel-Verletzungen nicht direkt zum Tod der Küken, denn der Ausfliegeerfolg aus den Nestumzäunungen blieb in verletzungsreichen Jahren hoch (Abb. 30). Auf Mellum wurde bei farbberingten Küken mit Schnabelverletzungen beobachtet, dass diese nach dem Überspringen der Umzäunung einen „gesunden Eindruck“ machten (LEITINGER 2011). GNEP (2014 unveröff.) belegte jedoch auf Trischen, dass bei einem Silbermöwenküken mit Farbringen die Verletzung am Schnabel auch nach dem erfolgreichen Ausfliegen irreversibel war. Dieser Jungvogel wurde später tot gefunden. Die Verletzungen könnten also einen negativen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der diesjährigen Silbermöwen bewirkt haben.

Ab 2016 wurde der Zaunumfang verdoppelt, sodass die Küken deutlich mehr Platz bekamen. Die Weiterentwicklung der Nestzäune durch das Material „Gaze“ (Abb. 6 und 38) ab 2018, zeigte deutliche Erfolge. Während 2017 noch über 80 % der Küken Schnabelverletzungen zeigten (KNOBLAUCH 2017 unveröff.), waren 2018 keine Küken am Schnabel verletzt (BRAUN 2018 unveröff.). Auch 2019 wurden keine Schnabelverletzungen festgestellt (FRIEDRICH 2019 unveröff.).



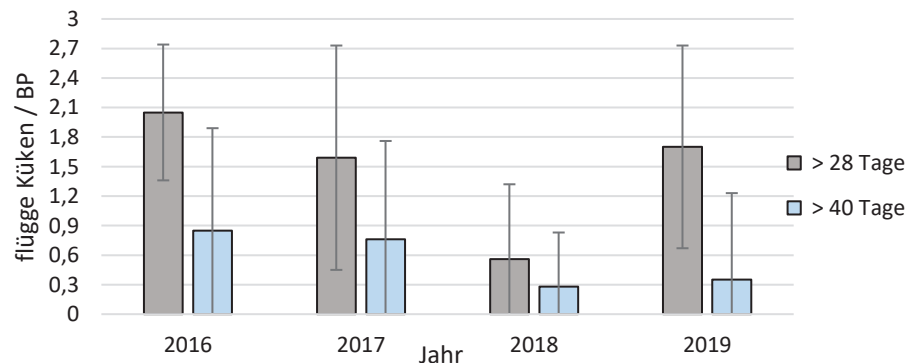
**Abbildung 38: Silbermöwenküken an der Umzäunung mit Gaze. Mellum, 20.06.2018.**

## 5.8. Bruterfolg

Bei der Ermittlung des Bruterfolges ist eine einheitliche Methode wichtig (KOFFIJBERG et al. 2011), um die verschiedenen Kolonien und Jahre vergleichend gegenüberstellen zu können (THORUP & KOFFIJBERG 2016). Bei der Methode der Nestumzäunung ist die Definition, ab welchem Alter Küken als „flügge“ gewertet werden, ein sehr wichtiger Aspekt. Möwenküken, die aus den Zäunen verschwinden, werden ab diesem festgelegten Alter als „flügge“ gewertet, während jüngere Küken als „prädiert“ gewertet

werden. Das auf Mellum seit 1995 verwendete Alter von > 28 Tagen (s. Methode 3.8., THYEN et al. 1998) weicht deutlich von den eigentlichen TMAP-Vorgaben ab, welche die Altersgrenze auf > 40 Tage festlegen (KOFFIJBERG et al. 2011 nach CAMPHUIJSEN & GRONERT 2010). Zwischen 1979 und 1990 wurden Küken bereits ab einem Alter von 21 Tagen als „flügge“ gewertet (BECKER & EXO 1991), und vereinzelt wurde das Alter von > 25 Tagen als Grenze verwendet (MELLUMRAT 2019 unveröff.). In THORUP & KOFFIJBERG (2016) wird auf eine Definition von „flügge“ nicht hingewiesen, aber auf die Methodenstandards (> 40 Tage, KOFFIJBERG et al. 2011). Auch auf Trischen wurden die Definitionen „flügger“ Küken daher in verschiedenen Jahren unterschiedlich verwendet (GNEP 2014 unveröff.), sodass die Ergebnisse verschiedener Jahre nicht vergleichbar waren (MERCKER 2014 unveröff.).

Ab 2016 wurde für die Mellumer Daten nach beiden Szenarien („flügge“ > 28 Tage nach THYEN et al. 1998 und > 40 Tage nach KOFFIJBERG et al. 2011) der Anteil flügger Jungvögel pro BP ausgewertet (MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff.), und es zeigen sich deutliche Unterschiede, die jedoch aufgrund der geringen Stichprobe verglichener Jahre nicht signifikant sind (Abb. 39). Dennoch zeigt dies, wie wichtig die einheitliche Verwendung der „flügge“-Definition bei der Umzäunung von Gelegen zur Bruterfolgsermittlung ist.



**Abbildung 39:** Bruterfolg, Anzahl flügger Küken pro BP  $\pm$  Standardabweichung, unterschieden nach den Definitionen für „flügge“ > 28 Tage (nach THYEN et al. 1998) und > 40 Tage (nach KOFFIJBERG et al. 2011) auf der neuen Probefläche des BEM der Silbermöwe auf Mellum (nicht signifikant,  $t = 2,23$ ,  $df = 3,86$ ,  $p = 0,092$ ).

TMAP-Bruterfolgsdaten anderer Standorte (THORUP & KOFFIJBERG 2016) oder vor 1995 erhobene Daten von Mellum (BECKER & EXO 1991) sind daher nicht direkt mit den Daten des BEM der Silbermöwe auf Mellum der Jahre 1995 bis 2019 vergleichbar.

Da in vielen Jahren gezielt ausschließlich Gelege mit drei Eiern eingezäunt und diese erst kurz vor dem Schlupf ausgewählt wurden, sodass nur noch geringe Eiverluste möglich waren, sind die Gelegegröße (vgl. 5.4.) und der Schlupferfolg (vgl. 5.5.) der zwanzig eingezäunten Gelege in den meisten Jahren kein repräsentatives Ergebnis. Dies hat

Auswirkungen auf den Bruterfolgswert, der daher ebenfalls in den meisten Jahren nicht repräsentativ für die Probefläche ist.

Die Repräsentativität einer Dauerprobefläche mit einem Stichprobenumfang von 20 bis 30 untersuchten Gelegen für die Ermittlung des Bruterfolges, welche nach EXO et al. (1996) für statistisch abgesicherte Ergebnisse ausreichend ist, wurde aus statistischer und methodischer Sicht deutlich kritisiert (MERCKER 2014 unveröff.). Erst die Untersuchung von > 70 Gelegen pro Jahr hätte, für den Vergleich der ermittelten Bruterfolgswerte von Silber- und Heringsmöwe, auf der Insel Trischen statistisch abgesicherte Ergebnisse ergeben (MERCKER 2014 unveröff.).

Der im Rahmen dieser Masterarbeit ermittelte mittlere Bruterfolg von 0,9 flüggen Küken pro BP und Jahr zwischen 1995 und 2019, würde langfristig für den Erhalt der Silbermöwen-Population im Wattenmeer ausreichen, die nach THORUP & KOFFIJBERG (2016) zwischen 0,6 und 1,0 flügge Küken pro BP benötigt. Der Wert 0,9 ist jedoch nur für jährlich zwanzig eingezäunte Gelege repräsentativ und berücksichtigt nur die Phase der ersten 28 Tage nach dem Schlupf der Küken. Da in den meisten Jahren nur Dreiergelege untersucht wurden und Silbermöwen auch nach dem 28. Lebenstag noch eine verhältnismäßig geringe Überlebenswahrscheinlichkeit haben (THYEN et al. 1998) ist davon auszugehen, dass der Wert von 0,9 über dem tatsächlichen Bruterfolg aller Mellumer Silbermöwen liegt. Die erfassten Daten zum Bruterfolg ermöglichen daher keine Aussage darüber, ob die Silbermöwenkolonie langfristig ausreichende Bruterfolge erzielen konnte.

Ursprünglich wurden die untersuchten Silbermöwenküken mit farbringen markiert und die Auswertung der Ringfunde dieser Vögel hätte Informationen zur Mortalität im ersten Lebensjahr gegeben (EXO 2019 pers. Mitt.). Die Untersuchungen des BEM geben Informationen zur Mortalität der Küken vor der Beringung. Da die Beringung jedoch eingestellt wurde, bleibt die Mortalität der Jungvögel nach dem Überspringen der Umzäunung unbekannt (EXO 2019 pers. Mitt.).

## 5.9. Verlustursachen der Küken

Für Verlustursachen der Küken kommen auf Mellum neben Kannibalismus (vgl. PARSONS 1971, WILKENS & EXO 1998), auch Prädation, insbesondere durch Heringsmöwen, aber auch vereinzelt durch Mantelmöwen, Rohrweihen, Sumpf-/ Waldohreulen oder

Rabenkrähen, sowie Verluste durch Nahrungsmangel in Frage (vgl. THYEN et al. 1998). Verluste frisch geschlüpfter Möwenküken durch Ameisen (*Myrmica rubra*), wie sie auf Trischen an bis zu 12 % der Nester festgestellt wurden (BAER 2014), wurden auf Mellum bisher nicht nachgewiesen. Die Unterscheidung zwischen interspezifischer Prädation und Kannibalismus war bisher nicht möglich. Für eine genauere Analyse der Verlustursachen wäre eine Beobachtung der eingezäunten Gelege, z.B. mit Hilfe von Wildkameras (vgl. LANGGEMACH & BELLEBAUM 2005), wie sie auf Mellum bereits bei der Untersuchung von Löfflern (*Platalea leucorodia*) verwendet wurden (NACHREINER 2018), hilfreich.

Im Rahmen des BEM auf Mellum, wurde 2018 der höchste Anteil von Prädation an Silbermöwenküken festgestellt. In diesem Jahr brütete ein Rohrweihen-Brutpaar in direkter Nähe der Probefläche. Überreste von > 9 Großmöwenküken wurden am Nest der Rohrweihe gefunden (BRAUN 2018 unveröff.), sodass sie möglicherweise in diesem einzelnen Jahr eine größere Rolle als Prädator spielte. Als mögliche Prädatoren brüteten Heringsmöwen und ein Rabenkrähen-BP direkt der Probefläche angrenzend (BRAUN 2018, unveröff.). Prädation konnte aber durch beide Arten ebenfalls nicht sicher belegt werden.

### 5.10. Gewichtsentwicklung der Küken

Die Entwicklung der Körpermasse eines Silbermöwenkükens hängt nicht nur vom Nahrungsangebot, sondern auch von der Anzahl der zu versorgenden Jungvögel pro Brutpaar ab (SPAANS 1971), sowie der Qualität der Elterntiere (BROUWER et al. 1995, BUKACINSKA et al. 1996) ab. Aber auch die Witterung während der Aufzuchtphase spielt eine wichtige Rolle (SPAANS 1971).

In der Dynamik der durchschnittlichen Gewichtszunahme der Küken pro Jahr ist erkennbar, dass die Küken von 1994 bis 2004 verhältnismäßig gut wuchsen, während sie ab dem Jahr 2005 ein deutlich schlechteres Wachstum zeigten (Abb. 33). Ab 2016 hatten die Küken eine auffällig bessere Gewichtsentwicklung, was erneut die Änderungen durch den Wechsel der Probefläche verdeutlicht. Die durchschnittlich schlechten Wachstumsbedingungen ab 2005 könnten mit der Schließung sämtlicher Mülldeponien in Zusammenhang stehen. Ab 2005 ist die offene Deponierung von Hausmüll in Deutschland verboten (BUNDESREGIERUNG 1993) und somit eine wichtige Nahrungsquelle

für Silbermöwen nicht mehr erreichbar (BELLBAUM et al. 2000, DIERSCHKE 2006, MARKONES & GUSE 2007, SCHWEMMER et al. 2019).

## **6. Schlussfolgerungen / Empfehlungen**

Das Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe wurde seit 25 Jahren kontinuierlich auf Mellum durchgeführt. Im Untersuchungszeitraum, von 1995 bis 2019, veränderte sich die Silbermöwenkolonie auf Mellum deutlich. Mit einem erheblichen Bestandsrückgang von über 90 % ging auch die Gelegedichte der Probefläche des Bruterfolgsmonitorings mit signifikantem Zusammenhang deutlich zurück. Das Funddatum des ersten Silbermöwen-Eies wurde auf Mellum bereits ab 1932 dokumentiert und im Vergleich zu den 1930er bis 1950er Jahren ist der Legebeginn heute signifikant früher. Diese Veränderung könnte durch die Gelegedichte erklärt werden, denn mit geringerer Gelegedichte wurde auch das erste Ei im Mittel später gefunden (vgl. COULSON et al. 1982, SPAANS et al. 1987). Dennoch könnten auch tendenziell wärmere Temperaturen in der Vorbrutzeit zu einem früheren Legebeginn der Silbermöwe geführt haben. Die Veränderung der Gelegedichte hatte auf die Dynamik der Gelegegröße und den Schlupferfolg keine erkennbaren Auswirkungen, denn die Werte blieben über die 25 Jahre hinweg auf etwa gleichem Niveau. Die vergleichsweise geringen Eiverlustraten (vgl. THORUP & KOFFIJBURG 2016) verdeutlichen die guten Brutbedingungen durch den hohen Schutzstatus des Nationalpark Wattenmeer, die Abwesenheit von Raubsäugern auf Mellum durch die abgeschiedene Lage, aber auch den geringen Einfluss der Untersuchungen, die theoretisch zu erhöhtem intraspezifischem Ei-Raub führen könnten (vgl. EXO et al 1996).

Die Untersuchung der Ei-Volumina und insbesondere der Unterschied zwischen den Volumina der zuerst gelegten Eier (A-Ei) und der dritten Eier (C-Ei), lässt Rückschlüsse auf die Ressourcenverfügbarkeit und -erreichbarkeit der weiblichen Möwen in der Vorbrutzeit zu (NAGER 2006, O'HANLON 2016). Die Größe des Eies hat Konsequenzen für die schlüpfenden Küken (PARSONS 1970). Die Asynchronität der Ei-Volumina von A- und C-Eiern steht in signifikantem Zusammenhang mit der durchschnittlichen Gewichtsentwicklung der untersuchten Küken, sodass Jahre mit besseren Wachstumsbedingungen sowohl in der Gewichtsentwicklung der Küken (vgl. SPAANS

1971, WILKENS & EXO 1998) erkannt werden können, als auch in geringen Unterschieden der Eivolumina von A- und C-Eiern (vgl. KILPI 1995).

Im Verlauf der 25 Jahre hat sich die Gewichtsentwicklung der Mellumer Silbermöwenküken in der Phase des Linearen-Wachstums (5.-25. Tag, vgl. SPAANS 1971, WILKENS & EXO 1998, CAMPHUIJSEN 2013) signifikant verschlechtert. Die Gewichtsentwicklung ist ab 2005, seit der Schließung aller Mülldeponien (DIERSCHKE 2006), plötzlich sehr deutlich gesunken und blieb seitdem auf geringerem Niveau. Aber nicht nur die Verfügbarkeit von Müll hat sich erheblich verringert, sondern auch Miesmuschelbänke wurden großflächig zu völlig andersstrukturierten Austernbänken, sodass Silbermöwen dort möglicherweise schwieriger Nahrung finden (SCHEIFFARTH et al. 2007, MARKERT et al. 2013). Um die Ursachen hierfür besser bewerten zu können, wäre eine erneute Untersuchung der Nahrungswahl Mellumer Silbermöwen interessant (vgl. WILKENS & EXO 1998, KUBETZKI & GARTHE 2003, MARKONES & GUSE 2007, LEITINGER 2011, SCHWEMMER et al. 2019).

Die Gelegedichte, das Lege- und Schlupfdatum und die Gewichtsentwicklung der Küken zeigten nach dem Standortwechsel der Probefläche auffällige Veränderungen, die durch unterschiedliche Brutbedingungen, wie z.B. zentraler Lage oder Randlage und davon abhängiger Gelegedichte erklärt werden könnten (vgl. WILKENS & EXO 1998). So muss hinterfragt werden, wie repräsentativ die Probefläche für die gesamte Silbermöwenkolonie Mellums ist. Um die Lage der Probeflächen besser einordnen zu können, wäre die Auswertung vorhandener Daten der 50 Zufallsprobeflächen der zweijährig erhobenen Brutbestandserfassungen oder eine Untersuchung zur aktuellen Verteilung der Gelegedichte (zum vgl. 1995, WILKENS & EXO 1998) von Silber- und Heringsmöwe auf der gesamten Insel, z.B. auch mit Hilfe einer Drohne (vgl. PIRO 2017, TÖLGE 2018, WEIß et al. 2019 unveröff.) wichtig. Mit detaillierten Dichtekarten der Brutvögel könnte auch die Habitatwahl der beiden Möwenarten untersucht werden, sodass veränderte Brutbedingungen auf Mellum z. B. durch die Entwicklung der Vegetation (BECKER & ERDELEN 1982, CALLADINE 1997) und der Morphologie der Insel (SCHÖNEBORN & BREUER 2010) erkannt werden könnten (vgl. WEIß et al. 2019 unveröff.).

Ob die gesamte Silbermöwenkolonie auf Mellum von 1995 bis 2019 langfristig ausreichende Bruterfolge erzielen konnte, lässt sich nicht abschließend klären. Der

ermittelte Bruterfolg wurde in vielen Jahren nicht an einer repräsentativen Gelegegröße ermittelt und berücksichtigt weniger Ei-Verluste, da bevorzugt Dreiergelege, erst kurz vor dem Schlupf, ausgewählt wurden. So ist der Schlupferfolg der 20 eingezäunten Gelege für die Probefläche nicht repräsentativ und führt zu erhöhten Bruterfolgswerten. Eine unterschiedliche Definition der Altersangabe von „flügge“ beim BEM auf Mellum (nach THYEN et al. 1998) im Vergleich zum wattenmeerweiten TMAP (KOFFIJBERG et al. 2011) kann außerdem zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen, was bei Vergleichen unterschiedlicher Kolonien beachtet werden sollte.

Eine alternative Methode der Bruterfolgsermittlung ohne festgelegte Probefläche durch standardisierte Beringung von Jungvögeln mit Farbringen und Zählungen rastender Jungvögel (Methode „R“, KOFFIJBERG et al. 2011) wird in Dänemark für Silbermöwen verwendet (BREGNBALLE et al. 2015, Langli). Diese Methode wird auch von MERCKER (2014 unveröff.) und HENNIG et al. (2014) als Alternative vorgeschlagen und z. B. seit 2015 auf Trischen an Stelle der Umzäunung von Gelegen angewandt (DE WALLMONT 2019). Durch die Beringung der Möwen hat diese Methode den Vorteil, auch Informationen über die Mortalität der Möwen im ersten Winter und weiteren Lebensverlauf zu erhalten (BELLEBAUM et al. 2010), was für Mellum im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings ursprünglich auch geplant war (Exo 2019 pers. Mitt.), um aus den Daten Populationsmodelle entwickeln zu können (SCHAUB 2012, HORSWILL & ROBINSON 2015). Die Methode der Umzäunung von Gelegen hat hingegen den Vorteil, die Gewichtsentwicklung individueller Küken verfolgen zu können und die Mortalitätsrate dieser Küken bis zum Überspringen des Zaunes genauer zu erfassen (Exo et al. 1996).

## Zusammenfassung

Die Insel Mellum, im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, beherbergte in den 1990er Jahren mit bis zu 13.500 BP die größte Silbermöwenkolonie im Wattenmeer (RASMUSSEN et al. 2000), bis der Brutbestand ab 2003 erheblich zurück ging. Seit 1995 wird auf Mellum durch IfV und Mellumrat ein Bruterfolgsmonitoring an Silbermöwen durchgeführt, welches seit 2010 zum trilateralen Monitoring im Wattenmeer (TMAP) gehört. Schlupferfolgsdaten wurden jährlich im Bereich einer Dauerprobefläche an > 50 Gelegen erfasst. Für die Ermittlung des Bruterfolges wurden 20 dieser Silbermöwengelege umzäunt und bis zum Ausfliegen der Jungvögel untersucht. So konnte auch die Gewichtsentwicklung der Küken erfasst werden (EXO et al 1996, KOFFIJBERG et al. 2011). Die bisher nur in Teilen ausgewerteten Daten der letzten 25 Jahre (WILKENS & EXO 1998, THYEN et al. 1998, LEMKE 2010, LEITINGER 2011, THORUP & KOFFIJBERG 2016) wurden in Zusammenhang mit Brutbestandsentwicklung und Temperatur dargestellt.

Das Monitoring zeigt, dass Gelegegröße, Schlupferfolg, sowie Verlustursachen der Eier und Küken, etwa auf dem gleichen Niveau blieben. Das erste Ei pro Jahr wurde innerhalb des Monitoringzeitraumes später gefunden, während sich der Legebeginn seit den 1930er bis 1950er Jahren signifikant verfrühte. Die Gelegedichte nahm auf der Probefläche in Zusammenhang eines erheblichen Bestandsverlustes der Kolonie von über 90 %, stetig ab. Während die durchschnittliche tägliche Körpermassezunahme der Küken bis 2004 auf hohem Niveau stabil war, sank sie ab 2005, zeitgleich mit der Schließung aller Mülldeponien, stark ab und blieb danach auf diesem niedrigeren Stand. Die Gewichtsentwicklung der Küken steht in signifikantem Zusammenhang mit größerer Asynchronität der Ei-Volumina von erstgelegten (A) und zuletzt gelegten (C) Eiern. Ein Lagewechsel der Probeflächen zeigte in einigen Parametern Veränderungen, die eine Abhängigkeit dieser Werte von der Lage der Probefläche vermuten lassen. In vielen Jahren wurden gezielt, ausschließlich Dreiergelege für den Bruterfolg untersucht. Die ermittelte durchschnittliche Anzahl flügger Jungvögel pro BP lässt sich daher nicht auf die gesamte Silbermöwen-Kolonie von Mellum übertragen und es bleibt unklar, ob diese in den letzten 25 Jahren ausreichend hohe Bruterfolge für den Bestandserhalt erzielen konnte.

## Quellenverzeichnis

### Literatur

- AEBISCHER, N. J., COULSON, J. C., & J. M. COLEBROOK (1990): Parallel long-term trends across four marine trophic levels and weather. *Nature* 347 (6295): 753-755.
- BAER, J. (2014): Native ant species *Myrmica rubra* affects Herring Gull *Larus argentatus* and Lesser Black-backed Gull *L. fuscus* chick survival at a North Sea island. *Sea Bird* 27: 87-97.
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E. & W. FIEDLER (Hrsg.) (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes – Nichtsperlingsvögel. AULA-Verlag, Wiebelsheim.
- BECKER, P. H. & K.-M. EXO (1991): Der Bruterfolg der Silbermöwe *Larus argentatus* auf Mellum. *Vogelkd. Ber. Nieders.* 23: 15-19.
- BECKER, P. H. & M. ERDELEN (1982): Windrichtung und Vegetationsdeckung am Nest der Silbermöwe (*Larus argentatus*). *J. Ornithol.* 123: 117-130.
- BECKER, P. H. & M. ERDELEN (1986): Eggsize in Herring Gulls (*Larus argentatus*) on Mellum Island, North Sea, West Germany: the Influence of Nest Vegetation, Nest Density and Colony Development. *Colonial Waterbirds* 9: 68-80.
- BECKER, P. H., & M. ERDELEN (1987): Die Bestandsentwicklung von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste 1950–1979. *J. Ornithol.* 128: 1-32.
- BECKER, P. H. & R. NAGEL (1983): Schätzung des Brutbestandes der Silbermöwe (*Larus argentatus*) auf Mellum, Langeoog und Memmert mit der Linientranssekt-Methode. *Vogelwelt* 104: 25-39.
- BECKER, P. H. & T. DITTMANN (2009): Quality Status Report 2009, Thematic Report No. 5.2., Contaminants in Bird Eggs, CWSS, TMAG. Wadden Sea Ecosystem 25: 1-12.
- BEHREND, B., DITTMANN, S., LIEBEZEIT, G., KAISER, M., KNOKE, V., PETRI, G., RAHMEL, J., ROY, M., SCHEIFFARTH, G. & U. WILHELMESEN (2004): Gesamtsynthese Ökosystemforschung Wattenmeer – Zusammenfassender Bericht zu Forschungsergebnissen und Systemschutz im deutschen Wattenmeer. Hrsg. Umweltbundesamt. Texte 03/04 ISSN: 0722-186X, Berlin.
- BELLEBAUM, J., BUCHHEIM, A., NOWAKOWSKI, J. & M. SELL (2000): Was tun, wenn der Müll knapp wird? 25 Jahre überwinternde Möwen (*Laridae*) im Ruhrgebiet. *Vogelwelt* 121 (2-3): 165-172.
- BELLEBAUM, J. & M. BOSCHERT (2003): Bestimmung von Predatoren an Nestern von Wiesenlimikolen. *Vogelwelt* 124: 83-91.
- BELLEBAUM, J., KÖPPEN, U. & B. GRAJETZKY (2010): Ermittlung von Überlebenswahrscheinlichkeiten aus Ringfunddaten. *Vogelwarte* 48: 21-32.
- BOLTON, M. (1992): Determinations of Chick Survival in the Lesser Black-Backed Gull: Relative Contributions of Egg Size and Parental Quality. *J. Anim. Ecol.* 60 (3): 949-960.
- BREGNBALLE, T., THORUP, O., JENSEN, P. E., NIELSEN, R. D., PEDERSEN, K. T. & K. LAURSEN (2015): Breeding success of Oystercatcher, Terns and Gulls in the Danish Wadden Sea. Technical Report from DCE, 60, Aarhus University.
- BROUWER, A., SPAANS, A. L., A. A. N. DE WIT (1995): Survival of Herring Gull *Larus argentatus* chicks: an experimental analysis of the need for early breeding. *Ibis* 137 (2): 272-278.

- BUKACINSKA, M., BUKACINSKI, D. & A. L. SPAANS (1996): Attendance and diet in relation to breeding success in Herring Gulls (*Larus argentatus*). The Auk 113 (2): 300-309.
- BUNDESREGIERUNG (1993): Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, vom 14. Mai 1993. BAnz. 99a.
- CALLADINE, J. (1997): A comparison of Herring Gull *Larus argentatus* and Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus* nest sites: their characteristics and relationships with breeding success. Bird Study 44: 318-326.
- CAMPHUIJSEN, K. C. J. & A. GRONERT (2010): The breeding biology of the Herring and Lesser Black-backed Gulls on Texel, 2006-2010. Limosa 38: 145-159.
- CAMPHUIJSEN, K. C. J. (2013): A historical ecology of two closely related gull species (Laridae): Multiple adaptations to a man-made environment. Dissertation, University of Groningen.
- CLEMENS, T. & R. ENSELMANN (2010): Mellum während der Kriegs- und Nachkriegszeit. Natur- und Umweltschutz 9 (1): 27-35.
- COMMON WADDEN SEA SECRETARIAT (CWSS) (1998): Trilateraler Wattenmeerplan. Ministererklärung der Achten Trilateralen Regierungskonferenz zum Schutz des Wattenmeeres, Stade, 22.10.1997.
- COULSON, J. C. (2015): Re-evaluation of the Role of Landfills and Culling in the Historic Changes in the Herring Gull (*Larus argentatus*) Population in Great Britain. Waterbirds 38: 339-354.
- COULSON, J. C. & J. BUTTERFIELD (1986): Studies on a colony of colour-ringed Herring Gulls *Larus argentatus*: I. Adult survival rates. Bird Study 33 (1): 51-54. DOI:10.1080/00063658609476892.
- COULSON, J. C., DUNCAN, N. & C. THOMAS (1982): Changes in the breeding Biology of the Herring Gull (*Larus argentatus*) induced by reduction in the size and density of the colony. J. Anim. Ecol. 51: 739-756.
- CULEMANN, H. W. (1928): Ornithologische Beobachtungen um und auf Mellum vom 13. Mai bis 5. September 1926. J. Ornithol. 76: 609-653.
- DÄNHARDT, A., RIECHERT, J., BOUWHUIS, S., MILLAT, G., ABEL, C. & P.H. BECKER (2018): Nahrungsnetzbeziehungen zwischen Flussseseschwalben und Fischen an der Jade. Forschungsergebnisse 2006 – 2015. Schriftenreihe NLPV Ni. Wattenmeer 16: 1-111.
- DESCAMPS, S., RAMÍREZ, F., BENJAMINSEN, S., ANKER-NILSSEN, T., BARRETT, R. T. BURR, Z., CHRISTENSEN-DALSGAARD, S., ERIKSTAD, K., IRONS, D. B., LORENTSEN, S. MALLORY, M. L., ROBERTSON, G. J., REIERTSEN, T. K., STRØM, H., VARPE, Ø & S. LAVERGNE (2019): Diverging phenological responses of Arctic seabirds to an earlier spring. Global Change Biol.: 1-11, doi.org/10.1111/gcb.14780.
- DIERSCHKE, V. (2006): Mülldeponien als winterlicher Lebensraum für Silbermöwen *Larus argentatus* aus der südöstlichen Nordsee. Vogelwelt 127: 119-123.
- DORMANN, C. F. (2013): Parametrische Statistik. Verteilungen, maximum likelihood und GLM in R: Springer Spektrum, Berlin.
- DROST, R., FOCKE, E. & G. FREYTAG (1961): Entwicklung und Aufbau einer Population der Silbermöwe, *Larus argentatus argentatus*. J. Ornithol. 102: 404-429.
- EXO, K.-M. (2010): Aktuelle Herausforderungen für Ornithologie und Vogelschutz im Wattenmeer: Monitoring – Forschung – Schutz. Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 41: 155-178.

- EXO, K.-M., BECKER, P. H. & T. CLEMENS (1994): Der Silbermöwen- (*Larus argentatus*) Brutbestand Mellums 1979-1993 mit Anmerkungen zur Methodik der Erfassung von Seevogelbeständen in Großkolonien. *Seevögel* 15: 75-81.
- EXO, K.-M., BECKER, P. H., HÄLTERLEIN, B., HÖTKER, H., SCHEUFELER, H., STIEFEL, A., STOCK, M., SÜDBECK, P. & THORUP, O. (1996): Bruterfolgsmonitoring bei Küstenvögeln. *Vogelwelt* 117: 287-293.
- FACHGRUPPE ORNITHOLOGIE NEUBRANDENBURG (FGO NB)(2018): Silbermöwe *Larus argentatus*; Ornithol. JB 2017 Neubrandenburg 39: 73-75.
- FOSTER, S., SWANN, R. L. & R. W. FURNESS (2017): Can changes in fishery landings explain long-term population trends in gulls? *Bird Study* 64: 90-97.
- FURNESS, R. W. (1984): Seabird – fisheries relationships in the northeast Atlantic and North Sea. *Marine Birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships* 8: 162-169.
- GARTHE, S., B.-O. FLORE, B. HÄLTERLEIN, O. HÜPPOP, U. KUBETZKI & P. SÜDBECK (2000): Brutbestandsentwicklung der Möwen (*Laridae*) an der deutschen Nordseeküste in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. *Vogelwelt* 121: 1-13.
- GARTHE, S., FREYER, T., HÜPPOP, O. & D. WÖLKE (1999): Breeding Lesser Black-backed Gulls *Larus graellsii* and Herring Gulls *Larus argentatus*: coexistence or competition? *Ardea* Bd. 87 (2): 227-236.
- GEDEON, K., C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, C. SUDFELDT, W. EIKHORST, S. FISCHER, M. FLADE, S. FRICK, I. GEIERSBERGER, B. KOOP, M. KRAMER, T. KRÜGER, N. ROTH, T. RYSLAVY, S. STÜBING, S. R. SUDMANN, R. STEFFENS, F. VÖKLER & K. WITT (2014): "Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German Breeding Birds". Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- GERDES, G., KRUMBEIN, W. E. & H.-E. REINECK (1987): Mellum - Portrait einer Insel. Waldemar Kramer, Frankfurt am Main.
- GESETZ ÜBER DEN NATIONALPARK „NIEDERSÄCHSISCHES WATTENMEER“ – NWATTNPG In der Fassung der Bekanntmachung vom 11.07.2011 (Nds. GVBl. 2001, S. 443), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19.02.2010 (Nds. GVBl. S. 104).
- GOETHE, F. (1987): Das Vogelleben auf Mellum. In: GERDES, G., KRUMBEIN, W. E. & H.-E. REINECK: Mellum - Portrait einer Insel. Waldemar Kramer, Frankfurt a. M.: 293-309.
- GRÜTZMANN, J. (2013): Jagdstrecken Federwild im Oldenburger Land: „Strecken“ – das kann man wohl sagen! Jahresber. Ornithol. Arb.gem. Oldenbg. 21: 99-106.
- HENNIG, V., GRAVE, C., HÄLTERLEIN, B., HAUPT, M., KNIEF, U., KOFFIJBURG, K., KÜHN, M., PHILLIPS, B. M., REHM, R., REICHERT, G. & M. SCHIFFLER (2014): Bruterfolgsmonitoring bei Möwen und Seeschwalben im Wattenmeer. *Corax* 22, Sonderheft 1: 70.
- HERRMANN, C. (2009): Das „Möwenproblem“ im 20. Jahrhundert: Eine Darstellung der historischen Entwicklung in Deutschland sowie der Bestandslenkungen an der Ostseeküste der DDR. *Vogelwelt* 130: 25-47.
- HEUCK, C. & C. HERRMANN (2019): Über den Wert langer Datenreihen: Langfristiges Seeadlermonitoring ermöglicht wissenschaftliche Erkenntnisse. *Der Falke* 66 (11): 20-25.
- HORSWILL, C. & R. A. ROBINSON (2015): Review of Seabird Demographic Rates and Density Dependence. JNCC Report: 552.
- KILPI, M. (1992): Responses of Herring Gulls *Larus argentatus* and Common Gulls *L. canus* to warm years: early migration and early breeding. *Ornis Fennica* 69: 82-87.

- KILPI, M. (1995): Egg Size Asymmetry within Herring Gull Clutches predicts Fledging Success. *Colonial Waterbirds* 18 (1): 41-46.
- KILPI, M. & M. ÖST (1998): Reduced availability of refuse and breeding output in herring gull (*Larus argentatus*) colony. *Ann. Zool. Fennici* 35: 37-42.
- KLEIN, R. (2001): Raum-Zeit-Strategien der Silbermöwe *Larus argentatus* und verwandter Taxa im westlichen Ostseeraum. Diss., Univ. Rostock.
- KOFFIJBERG, K., FRIKKE, J., HÄLTERLEIN, B., LAURSEN, K., REICHERT, G. & L. SOLDAAT (2017): Breeding birds. In: Wadden Sea Quality Status Report 2017, CWSS, Wilhelmshaven, Germany.
- KOFFIJBERG, K., SCHRADER, S. & V. HENNIG (2011): Monitoring Breeding Success of Coastal Breeding Birds in the Wadden Sea - Methodological Guidelines and Field Work Manual. JMBB, CWSS, Wilhelmshaven
- KUBETZKI, U. & S. GARTHE (2003): Distribution, diet and habitat selection by four sympatrically breeding gull species in the south-eastern North Sea. *Marine Biology* 143: 199-207.
- KUBETZKI, U. & S. GARTHE (2010): Über den Dächern von Kiel und Westerland: Möwen als Dachbrüter in Schleswig-Holstein. *Corax* 21 (3): 301-309.
- LANGGEMACH, T. & J. BELLEBAUM (2005): Prädation und der Schutz bodenbrütender Vogelarten in Deutschland. *Vogelwelt* 126: 259-298.
- LEMKE, H. (2010): Brutbiologische Untersuchungen an der Silbermöwe (*Larus argentatus*) auf der Insel Mellum. Bachelorarbeit, Westfälische Wilhelms - Universität Münster.
- LEITINGER, J. P. (2011): Bruterfolgsmonitoring an Silbermöwen (*Larus argentatus*) auf der Insel Mellum. Bachelorarbeit. IfV „Vogelwarte Helgoland“ und Philipps Universität Marburg.
- LIEBERS, D., DE KNIJFF, P. & A. HELBIG (2004): The herring gull complex is not a ring species. *Proc. Royal Society London* 271: 893-901.
- MARKERT, A., ESSER, W., FRANK, D., WEHRMANN, A. & K.-M. EXO (2013): Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 131: 41-51.
- MARKONES, N. & N. GUSE (2007): Räumlich-zeitliche Verteilung und Nahrungserwerbsstrategien von Silbermöwen *Larus argentatus* der westlichen Ostsee: Erkenntnisse einer Ringfundanalyse. *Vogelwarte* 45: 1-13.
- MENKE, W. (2004): Die Vogelwelt des Püttengebiets bei Wiefels (Landkreis Friesland), Jahresber. Ornithol. Arb.gem. Oldenbg. 18: 152-172.
- MENKE, W., HILGERLOH, G. & A. LAUMANN (2018): Beobachtungen zur Wintersterblichkeit von Alpenstrandläufern *Calidris alpina* in der Kälteperiode Ende Februar / Anfang März 2018. *Natur- und Umweltschutz* 17 (1): 16-19.
- NACHREINER, L. (2018): Reproduktionserfolg und Farbringe – Ein Nestmonitoring bei Löfflern (*Platalea Leucorodia*) auf Mellum im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Bachelorarbeit. Hochschule Neubrandenburg.
- NAGER, R. G. (2006): The challenges of making eggs. *Ardea* 94 (3): 323-346.
- NEHLS, H. W. (1974): Methoden der Bestandslenkung von Möwen in Brutkolonien. *Naturschutzarbeit in Mecklenburg* 17: 41-45.
- O'HANLON, N. J. (2016): Spatial variation in herring gull traits and their potential as monitors of coastal environment. PhD thesis. University of Glasgow
- OLSEN, K. M. (2018): *Gulls of the World, A Photographic Guide*, Princeton University Press, Princeton and Oxford.

- PARSONS, J. (1970): Relationship between Egg Size and Post-hatching Chick Mortality in the Herring Gull (*Larus argentatus*). *Nature* 228: 1221-1222.
- PARSONS, J. (1971): Cannibalism in herring gulls. *British Birds*, 64 (12): 528-537.
- PIRO, S. (2017): Vergleichende Untersuchung der Brutplatz- und Partnertreue bei Lachmöwen (*Chroicocephalus ridibundus*) in einer stabilen und einer wachsenden Brutkolonie in Mecklenburg-Vorpommern. Bachelorarbeit. Universität Greifswald.
- PONS, J.-M. (1992): Effects of Changes in the Availability of human refuse on breeding parameters in a Herring Gull *Larus argentatus* Population in Brittany, France. *Ardea* 80: 143-150.
- RASMUSSEN, L. M., FLEET, D. M., HÄLTERLEIN, B., KOKS, B. J., POTEL, P. & P. SÜDBECK (2000): Breeding Birds in the Wadden Sea in 1996 – Results of a total survey in 1996 and of numbers of colony breeding species between 1991 and 1996. Wadden Sea Ecosystem 10. CWSS, TMAG, JMBB, Wilhelmshaven.
- REINECK, H.-E. (1987): Morphologische Entwicklung der Insel Mellum. In: GERDES, G., KRUMBEIN, W. E. & H.-E. REINECK (1987): Mellum - Portrait einer Insel. Waldemar Kramer, Frankfurt am Main. 87-99.
- RICHTER, R. (1938): Beobachtungen an einer gemischten Kolonie von Silbermöwe (*Larus argentatus*) und Heringsmöwe (*Larus fuscus graellsii*). *J. Ornithol.* 86: 366-373.
- ROCK, P., CAMPHUIJSEN, K. C. J., SHAMOUN-BARNES, J., ROSS-SMITH, V. H. & I. P. VAUGHAN (2016): Results from the first GPS tracking of roof-nesting Herring Gulls *Larus argentatus* in the UK. *Ringing & Migration* 31 (1): 42-62.
- SCHAUB, M. (2012): Populationsbiologie als zentrales Element der Naturschutzforschung. *Der Ornithologische Beobachter* 109 (3): 185-200.
- SCHEIFFARTH, G., ENS, B. & A. SCHMIDT (2007): What will happen to birds when Pacific Oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsletter* 2007(1): 10-14.
- SCHÖNEBORN, S. & M. BREUER (2010): Untersuchung litoraler Prozesse auf der Insel Mellum auf Grundlage historischer Karten und Methoden der Fernerkundung. *Natur- und Umweltschutz* 9 (2): 48-52.
- SCHWEMMER, P., CORMAN A. M., KOCH, D., BORRMANN, R. B., KOSCHORRECK, J., VOIGT, C. C. & S. GARTHE (2019): Charakterisierung der Habitatwahl von Silbermöwen *Larus argentatus* durch GPS-Datenlogger zur Einschätzung der Schadstoffbelastung an der deutschen Nordseeküste. *Vogelwarte* 57: 13-30.
- SCHWEMMER, P. & S. GARTHE (2005): At-sea distribution and behaviour of a surfacefeeding seabird, the lesser black-backed gull *Larus fuscus*, and its association with different prey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 285: 245-258.
- SPAANS, A. L. (1971): On the feeding ecology of the Herring Gull *Larus argentatus* Pont. in the northern part of the Netherlands. *Ardea* 55 (1-2): 73-189.
- SPAANS, A. L., DE WIT, A. A. N. & M. A. VAN VLAARDINGEN (1987): Effects of increased Population size in Herring Gulls on breeding success and other parameters. *Studies in Avian Biology* 10: 57-65.
- STEINBACHER, G. (1931): Beiträge zur Brutbiologie von Silbermöwe und Brandseeschwalbe. *J. Ornithol.* 79: 349-353.
- STEIF, K., KORMANNSHAUS, A. & R. ALTENKAMP (2010): Die Silbermöwe (*Larus argentatus*) als Gebäudebrüter – eine neue Brutvogelart für Berlin im Jahr 2010. *Berl. Ornithol. Ber.* 20: 1-12.

- STOCK, M., BAER, J. & M. MERCKER (2014): Trischen – wax and wane of a Wadden Sea island. In: HELLWIG, U. & M. STOCK (Hrsg.) (2014): Dynamic Islands in the Wadden Sea. CWSS, Wilhelmshaven. Wadden Sea Ecosystem 33: 1-134.
- SÜDBECK, P., FARKE, H., & H. MARENCIC (2009): Das TMAP: Ein wattenmeerweit harmonisiertes Umweltbeobachtungs- und Monitoringprogramm als Grundlage für die Nationalparkarbeit. Nationalparkarbeit in Deutschland - Beispiele aus Monitoring, Gebietsmanagement und Umweltbildung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 72: 37-57.
- SUNKEL, W. (1925): Mellum 1924. Vogelwartbericht von W. Sunkel, Marburg. J. Ornithol. 1925 (1): 110-127.
- TÖLGE, R. (2018): Monitoring einer Lachmöwenbrutkolonie mit Hilfe eines unbemannten Luftfahrtsystems im Naturschutzgebiet „Krakower Obersee“ in Mecklenburg-Vorpommern. Bachelorarbeit. Hochschule Neubrandenburg.
- THORUP, O. & K. KOFFIJBURG (2016). Breeding success in the Wadden Sea 2009-2012, A review. Wadden Sea Ecosystem 36, CWSS, Wilhelmshaven.
- THYEN, S., BECKER, P. H., EXO, K.-M., HÄLTERLEIN, B., HÖTKER, H. & P. SÜDBECK (1998): Monitoring Breeding Success of Coastal Birds. Final Report of the Pilot Study 1996 – 1997. Wadden Sea Ecosystem 8: 1-55.
- THYEN, S., BECKER, P. H., EXO, K.-M., HÄLTERLEIN, B., HÖTKER, H. & P. SÜDBECK (2000): Bruterfolgsmonitoring bei Küstenvögeln im Wattenmeer 1996 und 1997. Vogelwelt 121: 269-280.
- VAUK, G., PRÜTER, J. & E. HARTWIG (1989a): Die aktuelle Bestandszunahme der Seevögel – Ausdruck verbesserter Lebensbedingungen in der Deutschen Bucht?. NNA-Ber. 2 (1): 58-62.
- VAUK, G., PRÜTER, J. & E. HARTWIG (1989b): Long-term population dynamics of breeding bird species in the German Wadden Sea area. Helgoländer Meeresuntersuchungen 43: 357-365.
- WILKENS, S. & K.-M. EXO (1998): Brutbestand und Dichteabhängigkeit des Bruterfolges der Silbermöwe (*Larus argentatus*) auf Mellum. J. Ornithol. 139: 21-36.

## Unveröffentlichte Quellen

- BRAUN, F. (2018 unveröff.): Abschlussbericht zum Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum in der Brutsaison 2018. Bericht i. A. der NLPV Ni. Wattenmeer, Wilhelmshaven.
- ERTZINGER, P. (2018 unveröff.): Brutvögel im Jahr 2018 auf Mellum. In: Jahresbericht Mellum 2018, unveröffentlichter Bericht, der Mellumrat e.V., Dangast.
- Exo K.-M. (2019 pers. Mitt.): Pers. Mitt. zu ursprünglichen Plänen der Beringung von Jungvögeln der Silbermöwe im Rahmen des BEM auf Mellum, 16.12.2019.
- FRIEDRICH, F. (2019 unveröff.): Abschlussbericht zum Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum in der Brutsaison 2019. Bericht i. A. der NLPV Ni. Wattenmeer, Wilhelmshaven.
- GNBP, B. (2014 unveröff.): Bruterfolgsmonitoring bei Silber- und Heringsmöwe. In: Trischen 2014. Betreuungsbericht für die Zeit vom 18. März bis zum 15. Oktober 2014. NABU Landesverband Schleswig-Holstein.
- IFV/MELLUMRAT (2018 pers. Mitt.): Daten des Bruterfolgsmonitorings der Silbermöwe 1995 bis 2017 erhoben durch Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven und der Mellumrat e.V., Daten der Brutbestandserfassung der Silbermöwe. MS-Excel-Dateien, persönliche Mitteilung von M. Heckroth, Der Mellumrat e.V., Dangast.
- KIPKEEW, F. (2002 unveröff.): Brutbestand und Brutbiologie der Silbermöwe auf der Nordseeinsel Mellum. Poster im Rahmen des FÖJ 02/03. Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven.
- KNOBLAUCH, S. (2017 unveröff.): Abschlussbericht zum Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum in der Brutsaison 2017. Bericht im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Wilhelmshaven.
- MAYLAND-QUELLHORST, T. J. (2016): Abschlussbericht zum Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum in der Brutsaison 2016. Bericht i. A. der NLPV Ni. Wattenmeer, Wilhelmshaven.
- MELLUMRAT (2019 pers. Mitt.): Informationen zur Brutbestandserfassung der Silbermöwe auf Mellum im Jahr 2019. Unveröffentlichte Ergebnisse der Erfassung. Der Mellumrat e.V., Dangast.
- MELLUMRAT (unveröff.): Jahresberichte der Naturschutzwarte von der Insel Mellum zwischen 1926 und 2014, aus dem Archiv des Mellumrat e.V., Dangast.
- MELLUMRAT (2019 unveröff.): Anleitung zum Bruterfolgmonitoring der Silbermöwe für die Insel Mellum, unveröffentlichte Anleitung, zuletzt aktualisiert im März 2019. Der Mellumrat e.V., Dangast.
- MERCKER, M. (2014 unveröff.): Eine statistische Einschätzung des Bruterfolgsmonitorings auf Trischen. 15. Dezember 2014. Unveröffentlichtes Manuskript.
- RITSCHEL, M. (2015 unveröff.): Endbericht zum Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe auf der Insel Mellum 2015. Bericht i. A. der NLPV Ni. Wattenmeer, Wilhelmshaven.
- RITTINGHAUS, H. (1944 unveröff.): Jahresbericht des Naturschutzwartes von Mellum aus dem Jahr 1944, im Archiv des Mellumrat e.V., Dangast.
- SALEWSKI, V., BREGNBALLE, T., DIERSCHKE, V., HÄLTERLEIN, B., MARTENS, S. & K. T. PEDERSEN (2018 unveröff.): Überlebenswahrscheinlichkeit von Herings- und Silbermöwen an

Nord- und Ostsee. Vortrag Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium, 09. - 11. Nov. 2018, Greifswald.

WEIß, F., SCHNURAWA, M. & R. GERRITS (2019 unveröff.): Drohnen – Neue Perspektiven im Monitoring von Möwenkolonien. Poster. 152. Jahresversammlung der DO-G Marburg. Tagungsband. 91.

### Internetquellen

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD, 2019): Klimadaten Deutschland – Monats- und Tageswerte (Archiv), historische und aktuelle Wetterdaten der Wetterstation Cuxhaven. URL: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=495662> (abgerufen am 01.10.2019).

DE WALLMONT, A. (2019): Abflug von Trischens Jungmöwen. URL: <https://blogs.nabu.de/trischen/abflug-von-trischens-jungmoewen/> (abgerufen am 01.12.2019).

NLPV NI. WATTENMEER (2019): [https://www.nationalpark-wattenmeer.de/nds/service/publikationen/883\\_lebensraumtypen-mellum](https://www.nationalpark-wattenmeer.de/nds/service/publikationen/883_lebensraumtypen-mellum) (abgerufen am 16.12.2019)

R CORE TEAM (2019): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/> (abgerufen am 05.12.2019).

## Danksagung

Zunächst möchte ich an dieser Stelle an Prof. Dr. Mathias Grünwald denken, der bereits zugesagt hatte diese Masterarbeit zu betreuen und im Januar diesen Jahres so plötzlich verstorben ist. Ich danke Ihm für seine herzliche Art und die motivierende Lehre in der Zeit meines Studiums an der Hochschule Neubrandenburg. Vielen Dank an PD Dr. Robert Sommer, der so spontan bereit war, die Betreuung dieser Arbeit als Erstprüfer zu übernehmen. Ich wünsche Ihnen, mit gleicher Begeisterung an der Hochschule Neubrandenburg weiter lehren zu dürfen!

Prof. Dr. Franz Bairlein danke ich für die Möglichkeit diese Masterarbeit in Zusammenarbeit mit dem Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ zu schreiben, die schnelle Beantwortung von Fragen, sowie die zuverlässige, fachliche Betreuung. Dr. Michael Exo hat das Monitoring auf Mellum entwickelt und viele Jahre zusammen mit Dr. Gregor Scheiffarth betreut. Vielen Dank für die hilfreichen Besprechungen in Wilhelmshaven und Anmerkungen zu dieser Arbeit.

Der Nationalparkverwaltung „Niedersächsisches Wattenmeer“ danke ich für die finanzielle Förderung im Rahmen des TMAP. Ein besonderer Dank gilt auch Nadine und Andreas Knipping, die als Betreuer des Mellumrat e.V. im Jahr 2018 sehr viel Beratung und Hilfe für das Leben auf der Insel geleistet haben und die Idee zur Bearbeitung dieses Themas gaben. Dem Mellumrat e.V., besonders Mathias Heckroth möchte ich für die Möglichkeit, dieses Thema zu bearbeiten und das Erlebnis, sechs Monate auf Mellum arbeiten und forschen zu dürfen, danken. Für die Versorgung auf der Insel möchte ich nicht nur dem Mellumrat e.V., sondern auch den Skippern und H. Janetzky, für Einkauf, Wäsche und Post danken. Den Mellumern NSW, die in den letzten hundert Jahren zur Bestandserfassung und insbesondere in den letzten 25 Jahren am Bruterfolgsmonitoring der Silbermöwe beteiligt waren danke ich für ihre Arbeit auf der Insel.

Frank-Ulrich Schmidt danke ich für die hilfreichen Anmerkungen zur Rechtschreibung. Meinen Eltern sowie Anne und Andreas Braun danke ich ganz herzlich für alle Unterstützungen während meines Studiums. Lena Nachreiner danke ich für die unvergessliche Zeit auf Mellum, aber auch ganz besonders die Geduld während der langen Auswertungsphase. Danke, dass ihr immer an mich geglaubt habt!

## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Thema „Bruterfolgsmonitoring und Entwicklung des Brutbestandes der Silbermöwe *Larus argentatus* auf der Insel Mellum im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer“ selbstständig, ohne andere Hilfsmittel als die angegebenen, verfasst habe. Die Stellen, welche im Wortlaut oder dem Sinn von Werken anderer Autoren entnommen sind, habe ich durch die Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht veröffentlicht und keinem anderen Prüfungsamt vorgelegt.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

# Anhang

## I – Heringsmöwe

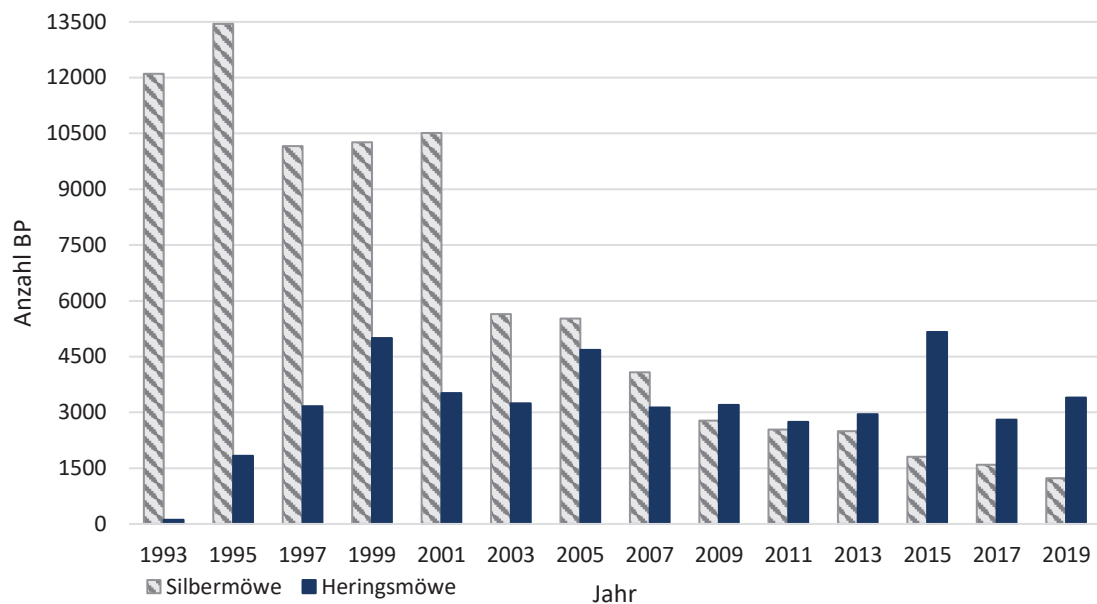


Abbildung 40: Vergleich der Bestandsentwicklung von Herings- und Silbermöwen auf Mellum ab 1993, Erfassung durch Auszählung von 50 Zufallsprobeflächen (50x50m) (Quelle: IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.).

## II – Saisonbeginn und Legebeginn

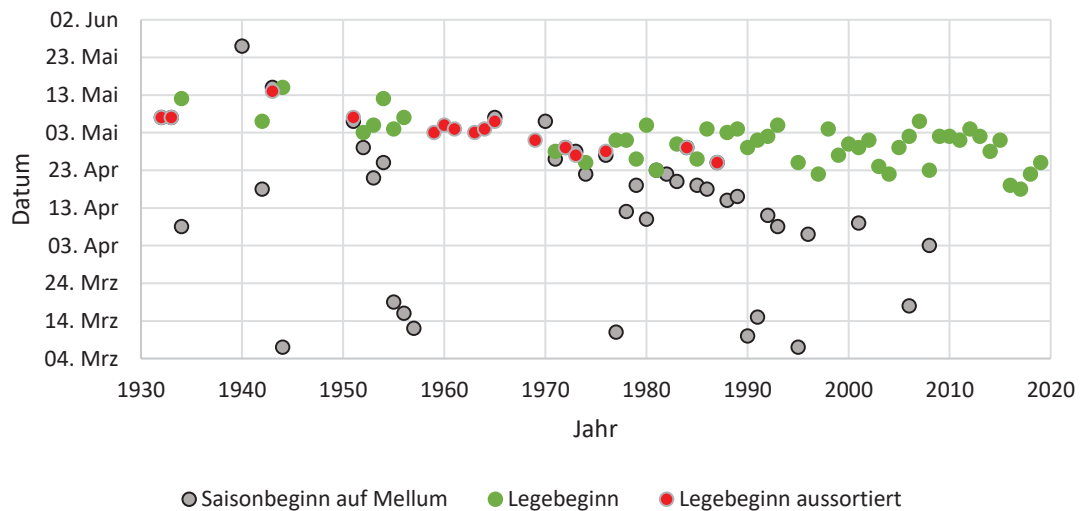
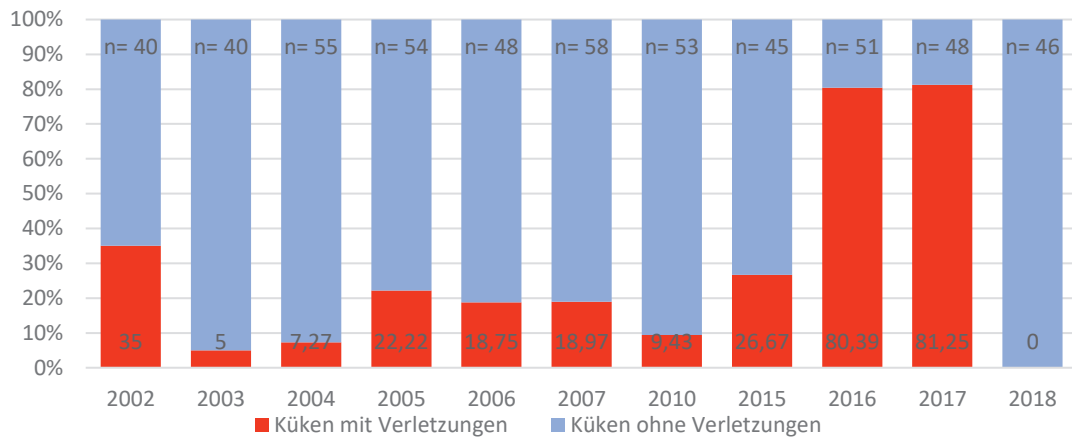


Abbildung 41: Saisonbeginn auf Mellum und Datum des Fundes des ersten Eies (Legebeginn) der Silbermöwe.

Aussortiert wurden Angaben zum Legebeginn in Jahren, in denen keine Informationen zum Saisonbeginn vorhanden waren oder in denen der Saisonbeginn weniger als zwei Tage vor dem Fund des ersten Eies lag.

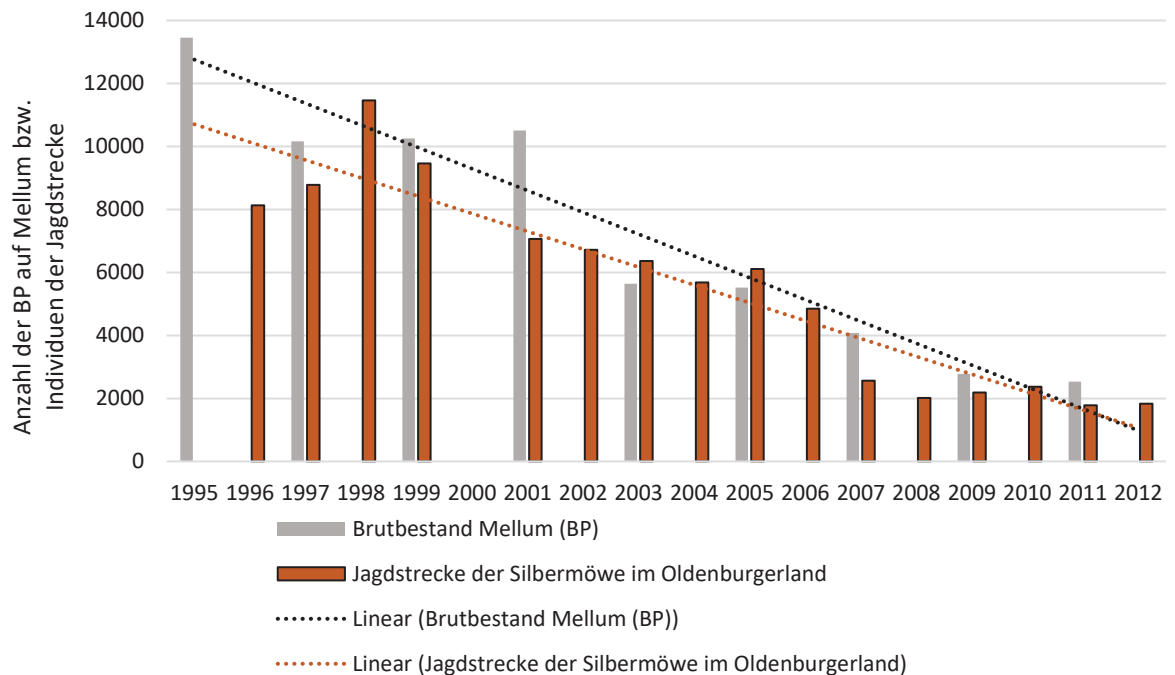
### III – Verletzungen:



**Abbildung 42:** Anteil der Silbermöwenküken mit Verletzungen am Schnabel. Küken aus Umzäunungen 1995 - 2018. Nur Jahre in denen Angaben in Berichten oder Daten zu Verletzungen vorhanden waren. In den nicht angegebenen Jahren sind keine Informationen über Verletzungen vorhanden. 2018 wurde bei allen Zäunen das neue Gaze-Material verwendet.

Weitere ausführliche Informationen zu den auffällig großen Anteilen verletzter Küken in den Jahren 2016 und 2017 und der Intensität dieser Verletzungen, sowie deren Häufigkeitsverteilungen (2016) sind in den Jahresberichten zum BEM der Silbermöwe auf Mellum angegeben (MAYLAND-QUELLHORST 2016 unveröff., KNOBLAUCH 2017 unveröff.).

### IV - Bejagung



**Abbildung 43:** Jagdstrecke der Silbermöwe im Oldenburger Land ( $r = 0,923$ ;  $p < 0,001$ ) (Daten Jagdstrecke: GRÜTZMANN 2013; BP: IfV/MELLUMRAT 2018 pers. Mitt.).