



Forschungsverbund MINOS*plus*- Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore - Windkraftanlagen

Teilvorhaben TP6 – „Seehunde in See“ – Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Nutzung der Nordsee durch Seehunde im Zusammenhang mit der Entwicklung von Offshore-Windenergieanlagen

Schlussbericht

November 2007

Berichtszeitraum: 01.06.2004 – 31.11.2007

Laufzeit 1.6.2004 – 31.3.2008

Das dem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0329946D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei dem Autor / den Autoren.

Zuwendungsempfänger	Förderkennzeichen
Prof. Dr. Dieter Adelung, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften	0329946 D





Telemetrische Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Nutzung des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres und des angrenzenden Seegebietes durch Seehunde (*Phoca vitulina vitulina*) in Hinblick auf die Errichtung von Offshore-Windparks

D. Adelung¹ und G. Müller¹

unter Beteiligung von

S. Tougaard² und J. Tougaard³

¹IFM-GEOMAR, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel

² Svend Tougaard, Fiskeri- og Søfartsmuseet, Esbjerg, DK

³ Jakob Tougaard, National Environmental Research Institute, Roskilde, DK



Inhaltsverzeichnis

1	Kurze Darstellung zu:	6
1.1	Aufgabenstellung	6
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	6
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	6
1.4	Material und Methode.....	7
1.4.1	Geräte.....	7
1.4.1.1	Der Fahrtenschreiber	8
1.4.1.2	IMASEN (<i>InterMandibularAngleSEn</i> sensor = Kiefer-Sensor)	10
1.4.1.3	Timer	11
1.4.1.4	Satellitensender	12
1.4.1.5	Abdichtung und Abschirmung.....	12
1.4.1.6	Auftriebskörper und Basisplattform.....	12
1.4.1.7	Geräteprogrammierung.....	13
1.4.2	Anbringung der Geräte	13
1.4.2.1	Fang und Ruhigstellung der Seehunde.....	13
1.4.2.2	Gerätebefestigung.....	14
1.4.2.3	Tierschutzaspekte	14
1.4.3	Ausrüstungsaktionen.....	15
1.4.3.1	Standorte.....	15
1.4.3.2	Termine	16
1.4.4	Datenauswertung	16
1.4.4.1	Berechnung der 3D-Routen.....	16
1.4.4.2	Areal-Interessen-Index (<i>All</i>)	17
1.4.4.3	Satellitendaten	17
1.4.4.4	Tauchanalyse.....	18
1.4.4.5	IMASEN-Daten	18
1.5	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	18
1.6	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	19
2	Eingehende Darstellung	19
2.1	Erzielte Ergebnisse	19
2.1.1	Datengrundlage.....	19
2.1.2	Gebietsnutzung	20
2.1.2.1	Liegeplätze	20
2.1.2.2	Beutezugdauer.....	22
2.1.2.3	Routen.....	24
2.1.2.4	Tauchdaten.....	28
2.1.2.5	<i>All</i>	31
2.1.2.6	Fressverhalten	33



2.2	Eingehende Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	34
2.3	Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens aus dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	37
2.4	Eingehende Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses	41
3	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	41
4	Danksagung	42
5	Veröffentlichungen/Präsentationen.....	43
6	Literaturverzeichnis	44
7	Anhang.....	47

1 Kurze Darstellung zu:

1.1 Aufgabenstellung

Die wichtigsten Ziele der Untersuchung waren:

- Die Datengrundlage der bisherigen Erkenntnisse bezüglich der Bewegungen, Aufenthaltsorte und des Tauchverhaltens von Seehunden (*Phoca vitulina vitulina*) im Schleswig-Holsteinischen und Dänischen Wattenmeer und um Helgoland zu erweitern.
- Mögliche Überlappungen zwischen dem Nutzungsgebiet der Seehunden und den geplanten Standorten von Offshore-Windparksanlagen zu identifizieren.
- Mögliche Änderungen im Verhalten der Seehunde während der Bauphase und dem Betrieb von Offshore-Windparksanlagen zu untersuchen.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Wie im Vorgängerprojekt MINOS wurde die Koppelnavigation (Wilson et al. 1993, Mitani et al. 2003, Liebsch et al. 2006) in Kombination mit Satellitensendern (Wilson et al. 2002) als bewährte Methode für eine generelle Bestimmung der Aufenthaltsorte sowie der Bewegungen von Seehunden auf See eingesetzt. Sie liefert gleichzeitig sehr detaillierte Informationen zum Tauchverhalten der Tiere und erlaubt damit auch Aussagen zum Verhalten der Tiere auf See.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Zur Verstärkung der Datenbasis wurden die bereits im Vorgängerprojekt hauptsächlich untersuchten Seehunde auf der regelmäßig von mehreren hundert Seehunden besuchten Sandbank Lorenzenplate weiterhin untersucht. Zusätzlich wurden in Kooperation mit unseren dänischen Kollegen vom Fisheries and Maritime Museum in Esbjerg und dem National Environmental Research Institute (NERI) in Roskilde die Ausrüstungsaktionen auf Rømø intensiviert. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich des Verhaltens von Seehunden von zwei unterschiedlichen Standorten im Wattenmeer. Außerdem befindet sich in der Nähe von Rømø die dänische Offshore-Windkraftanlage „Horns Rev“. Diese war bereits früher Ziel der dänischen Kollegen, um ihre ökologische

Verträglichkeit für Robben (Tougaard et al. 2003, 2006) zu untersuchen. Mit Hilfe unserer neueren Technologie sollten die Erkenntnisse der dänischen Kollegen bezüglich des Verhaltens der Seehunde in der Nähe dieser Anlage überprüft und erweitert werden.

Als dritter Standort wurde die Hochseeinsel Helgoland hinzugenommen, um das Verhalten von Seehunden zu untersuchen, die sich bereits ausserhalb des Wattenmeeres und somit in tieferen Gewässern befinden.

Das Ziel, das Verhalten von Seehunden parallel zum Bau von Windkraftanlagen zu erforschen, konnte leider nicht erfüllt werden, da anders als geplant der Baubeginn deutscher Anlagen bis heute nicht stattfand.

Um die Ziele zu erreichen, wurden in Abhängigkeit nach Möglichkeit jeweils acht Seehunde im Frühjahr und Herbst an den drei genannten Standorten gefangen und mit den weiter unten beschriebenen telemetrischen Messeinheiten ausgerüstet. Geplant war, dass diese sich dann nach etwa drei Monaten von den Tieren ablösen und nach ihrem Auffinden die abgespeicherten Daten ausgelesen und ausgewertet werden sollten. Witterungsbedingt ergaben sich insbesondere zum Herbst hin z. T. erhebliche zeitliche Verschiebungen. Auch war es des Öfteren nicht möglich, die vorgesehene Zahl von Tieren zu fangen und auszurüsten.

1.4 Material und Methode

1.4.1 Geräte

Das auf den Seehunden eingesetzte Gerätesystem besteht, abhängig von der Jahreszeit und dem Geschlecht der Tiere, aus bis zu vier Einzelgeräten (Abb. 1), die sich in einem Auftriebskörper befinden. Der Auftriebskörper wird mittels einer Neoprenbasis oder -hülle auf dem Rücken des Seehundes befestigt. Die einzelnen Geräte entsprechen prinzipiell denen aus dem vorangegangenen MINOS Projekt. Aufgrund der dort gewonnenen Erkenntnisse wurden die meisten Geräte jedoch – wie im Folgenden dargestellt – auf verschiedene Weise verbessert.

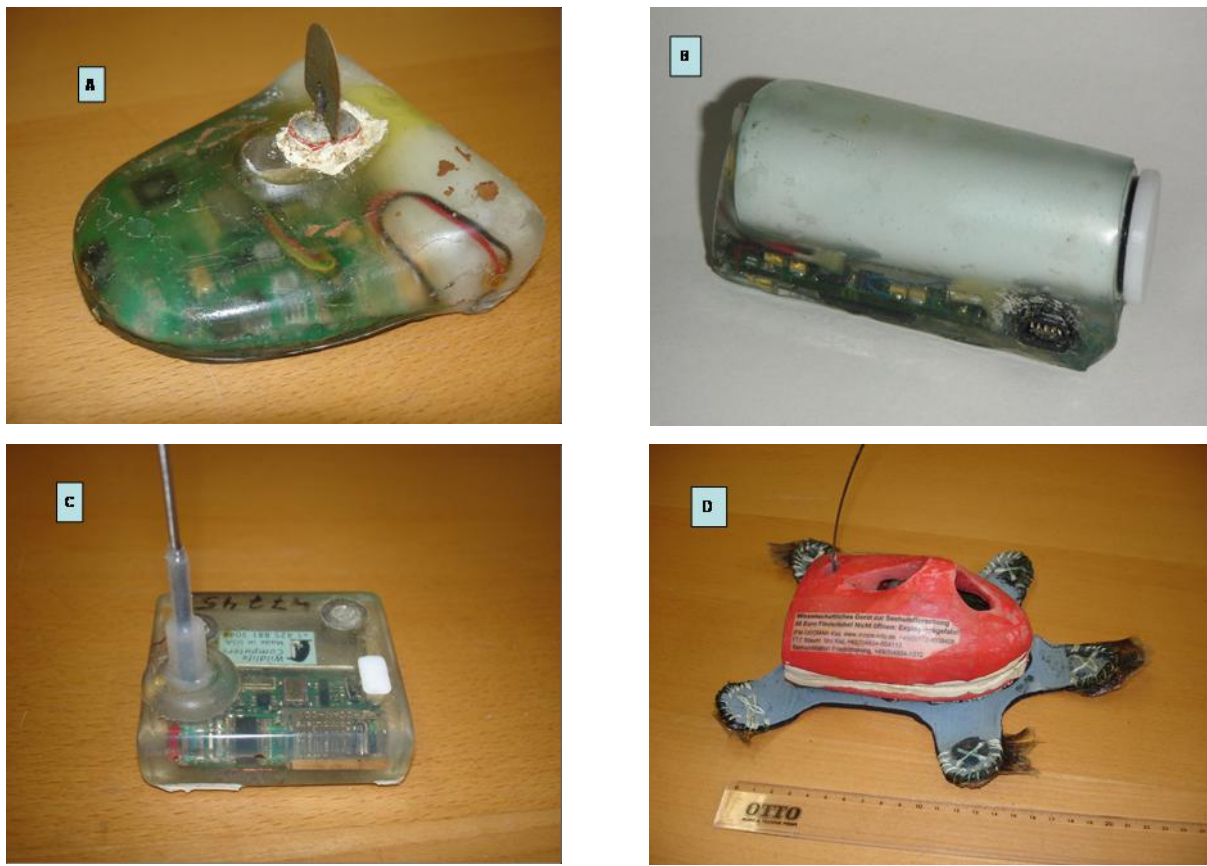


Abb. 1: Die Geräte des satelliten-gestützten Fahrtenschreibersystems: 10-Kanal Fahrtenschreiber (A), Kiefersensor (B), SPOT 3/4 Satellitensender (C) und Auftriebskörper (D). Maße siehe Text.

1.4.1.1 Der Fahrtenschreiber

Der Fahrtenschreiber der Fa. Driesen und Kern, Bad Bramstedt, (73x80x27 mm, 105 g, Abb. 1A) besteht aus einem Datenspeicher mit 10 Kanälen. Die Größe des Flash-RAM Speichers (16-Bit Auflösung) wurde von 8 MB auf 32 MB erhöht. In Kombination mit dem Wegfall von zwei der ursprünglich 12 Kanäle konnte die Aufzeichnungsdauer bei einer standardmäßigen Taktung von fünf Sekunden von 23 auf 94 Tage verlängert werden. Das Titanbatteriegehäuse wurde durch ein Gehäuse aus Delrin ersetzt, in das eine Steckverbindung für zwei in Serie gelötete 3,6V Lithiumbatterien (Sonnenschein, D) eingefügt wurde. Dadurch wurde ein sicherer Kontakt zwischen der Batterie und dem Fahrtenschreiber gewährleistet. Der Fahrtenschreiber wurde mitsamt Infrarot-Schnittstelle und Batteriegehäuse in Kunstharz (Glosscoat NL, Vosschemie, D) eingegossen. Um einen Wassereintritt zu verhindern, wurden die Batteriegehäuse nach dem Einsetzen der Batterie mit Silikonöl gefüllt und mit ein wenig Überdruck verschlossen. Aufgrund des vergrößerten Speichers wurde die Übertragungsrate zwischen Fahrtenschreiber und PC von 57600 auf 115200 Baud erhöht.

Die Taktrate des Fahrtenschreibers konnte zwischen 7 Hz und 24 Stunden frei gewählt werden und betrug hier bis auf zwei Ausnahmen fünf Sekunden. Die Vorlaufzeit (Zeit bis zum Start des Fahrtenschreibers) wurde von 24 Stunden auf ein Jahr erhöht, wodurch die Arbeiten bezüglich der Programmierung und der Abdichtung erheblich erleichtert wurden.

Die 10 Kanäle des Fahrtenschreibers waren mit folgenden Sensoren verbunden:

1. Tiefe: Diese wird durch einen mediumgetrennten 10 bar Drucksensor (Keller, D) gemessen, der über einen Geräte-internen Temperatursensor (s.u.) in Bezug auf mögliche Temperatureffekte korrigiert wird. Als nominelle Genauigkeit wird eine Auflösung von unter 2 cm Wassertiefe angegeben.
2. Geschwindigkeit: Diese wird ebenfalls durch einen 10 bar Drucksensor (Keller, D) erfasst, der über den Geräte-internen Temperatursensor (s.u.) auf mögliche Temperatureffekte korrigiert wird. Dieser Sensor ist direkt neben dem Tiefedrucksensor angeordnet, so dass er sowohl die Wassertiefe als auch die Geschwindigkeit registriert. Die Geschwindigkeit wird dabei durch ein Paddel (~20x20 mm) erfasst, das in die Wassersäule ragt. Das Paddel ist an einer beweglichen Achse befestigt, von der ein Hebelarm im rechten Winkel zu dem Paddelarm mit einem Ball-Sockel-Arrangement auf die Membran des Drucksensors drückt. Der Sockel besteht aus einer kleinen Scheibe (\varnothing 3x1.5 mm). Die Vorwärtsgeschwindigkeit des Seehunds erzeugt einen Druck auf das Paddel, der über den Arm auf den Drucksensor übertragen wird.

Der Sensor registriert somit den hydrostatischen Druck und den Druck, der beim Schwimmen auf das Paddel wirkt. Die Differenz des Drucks auf den Geschwindigkeitsdrucksensor und dem hydrostatischen Druck, der über den Tauchtiefensensor erfasst wird, entspricht der Geschwindigkeit. Die Eichung der Geschwindigkeit lässt sich am Tier durchführen, indem man die Geschwindigkeitsangabe des Sensors in Beziehung zu der Geschwindigkeit setzt, die sich aus dem Tauchwinkel in Relation zu der Größe der Tiefenänderung ergibt, sobald es eine deutliche Tiefenänderung gibt (s.u.). Dies ist eine Verfeinerung der Methode, die von Mitani et al. (2003) und Sato et al. (2003) verwendet wurde.

3. Schwimmrichtung (drei Kanäle): Die Richtung wird mit einem elektronischen Kompass (Honeywell, USA) bestimmt, der die drei Komponenten des Erdmagnetfelds in Vektoren entsprechend der Orientierung des Sensors auflöst. Die Genauigkeit der Richtungsänderung des Tieres ist besser als 1 Grad.
4. Frontaler und lateraler Neigungswinkel (zwei Kanäle): Das von der Fa. Driesen und Kern eingebaute Winkelmesssystem erfasst den frontalen und lateralen Neigungswinkel jeweils in einem Bereich von +/- 90 Grad mit einer Genauigkeit von 1 Grad.

5. Körperorientierung: Dieser Sensor unterstützt die Bestimmung der Körperorientierung (siehe oben), indem ermittelt wird, ob der Seehund in Rücken- oder Bauchlage schwimmt.
6. Temperatur (intern): Um die von der Temperatur abhängigen Ungenauigkeiten der Drucksensoren zu korrigieren, verfügt der Fahrtenschreiber über einen PT 1000 - Temperatursensor (Heraeus, D), der direkt neben den Drucksensoren angeordnet ist. Er misst die Temperatur auf 0,03° C genau. Die Korrektur der Druckwerte erfolgt nach Auslesen der Daten mit Hilfe einer speziellen Software.
7. Licht: Dieser Sensor von Tropas (USA) misst die Lichtintensität in einem Bereich von 0,01 – 100.000 Lux (absolute Tageslichtwellenlängewerte) mit bis zu 2 Lux Genauigkeit.

1.4.1.2 IMASEN (*InterMandibularAngleSENSor* = Kiefer-Sensor)

Der IMASEN (Fa. Driesen und Kern, Bad Bramstedt) besteht aus einem kleinen (43 g, 750x22x33 mm, Abb. 1B) Datenspeicher mit einem 16 MB Flash-RAM und wird von zwei in Serie gelöteten 3,6V Lithiumbatterien (Sonnenschein, D) versorgt. Wie beim Fahrtenschreiber wurde auch hier das Titangehäuse für die Batterie durch ein Gehäuse aus Delrin mit Steckverbindung für die Batterie ersetzt.

Ein Hall-Sensor wurde an dem einen Ende eines ca. 80 cm langen Kabels befestigt, während sich am anderen Ende eine neunpolige Buchse für die Verbindung zum Datenspeicher befand. Da es in der Vergangenheit öfter zur Korrosion der Steckverbindung des Datenspeichers kam, wurde in diesem Projekt ein Kabel-Zwischenstück verwendet. Dies bestand aus einem ca. 8 cm langen Kabel mit dem neun-poligen Stecker an einem Ende und der entsprechenden Buchse am anderen. Dieses Zwischenstück wurde zwischen Datenspeicher und Sensor gesteckt, so dass eine eventuelle Korrosion nur den Stecker des Zwischenstückes und nicht den des Datenspeichers betreffen würde.

Um die Bewegungen der Tiere nicht zu beeinträchtigen, wurden mehrere ca. 3 cm lange Kunststoffröhrchen auf das Kabel gezogen. Die Röhrchen wurden mit Tape (Tesa, D) und Devcon-Kleber (Danvers, USA) auf das Fell der Seehunde geklebt. Das Kabel konnte so leicht in den Röhrchen hin- und herrutschen, so dass es zu keinen Spannungen kam. Erst bei stärkerem Zug auf die Steckverbindung zwischen dem langen Kabel und dem Zwischenstück, wie es beim Ablösen des Gerätes der Fall ist, wurde der Stecker herausgezogen und vom Datenspeicher abgetrennt.

Der Sensor wurde auf der Schnauze des Seehundes (direkt hinter der Nase) befestigt. Auf dem Unterkiefer wurde ein Magnet (Vakuumschmelze, Hanau, D) möglichst auf gleicher Höhe, befestigt. Seine Feldstärke (und damit Abstand zum Sensor) wurde vom Sensor aufgezeichnet. Auf diese Weise können die Öffnungsbewegungen des Kiefers, und damit die Fressaktivität, registriert werden (siehe Wilson et al. 2002, Simeone & Wilson 2003, Wilson & Liebsch 2003, Liebsch 2006).

1.4.1.3 Timer

Der Timer (Fa. Driesen und Kern, Bad Bramstedt, 10 g, 43x29x10 mm, Abb.2) dient der vorprogrammierten Ablösung der Geräte bei Ausrüstaktionen im Herbst oder Winter. Da der Speicher des Fahrtenschreibers nach 94 Tagen voll ist, wird das Gerätesystem zu diesem Zeitpunkt abgelöst. Die Ablösung beruht auf folgendem Prinzip: Der Auftriebskörper, der alle Einzelgeräte umhüllt und schützt, wurde in einen nach hinten offenen Neoprenschuh geschoben (s.u.) und an diesem mit einer stabilen Plastikschnur (Angelschnur und später wegen der besseren Haltbarkeit Rasentrimmerschnur) befestigt. Am Auftriebskörper ist die Schnur zur Fixierung um ein Metallröhrchen (Teil einer Spritzenkanüle) gewickelt. Dieses ist wiederum über einen elektrischen Schalter mit dem einen Pol einer 9-Volt-Batterie verbunden. Der andere Pol hat ebenso wie das Metallröhrchen Kontakt mit dem umgebenden Seewasser. Wird nun durch den Timer der elektrische Schalter geschlossen, fließt ein Strom, der das vom Seewasser umgebende Metallröhrchen korrodiert, sodass die Plastikschnur frei wird. Dadurch kann die gesamte Geräteeinheit aus dem Neoprenschuh nach hinten herausrutschen.

Im Sommer ist eine solche Ablösung nicht notwendig, da sich dann mit dem im Juli/August stattfindenden Fellwechsel die gesamte Einheit mit den alten Haaren ablöst. Dadurch wird der Timer eingespart, sodass die Geräteeinheit wesentlich kleiner gehalten werden kann.

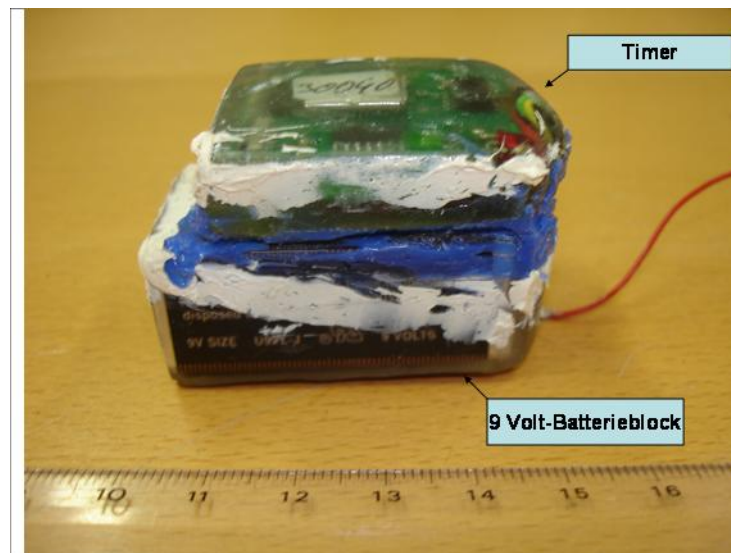


Abb. 2: Timer

1.4.1.4 Satellitensender

Bei den Satellitensendern handelt es sich um SPOT2, SPOT3 und SPOT4 - Geräte (Wildlife Computers, Redmond, USA). Die Geräte wiegen 83 (SPOT2) und 47 g (SPOT3/4), und haben die Maße 110x30x15 mm (SPOT2) und 41x47x14 mm (SPOT3/4, Abb 1C). Die Sender erlauben eine individuelle Programmierung bezüglich der Stunden, Tage und Monate, die sie senden sollen.

1.4.1.5 Abdichtung und Abschirmung

Am Anfang wurden die Geräte lediglich mit Guronic (Paul Jordan GmbH, Berlin, D) abgedichtet, was sich jedoch nur als kurzfristig haltbar erwies. Später wurden die Geräte zusätzlich mit Loctite (Henkel, D) und Sikaflex (Sika, D) abgedichtet, wobei sich Loctite als sehr zuverlässig erwies.

Nach dem Abdichten wurden sämtliche Datenspeicher sowie der Timer zur Abschirmung von Störsignalen in eine 0,035 mm dünne selbstklebende Kupferfolie (PB Fastener, USA) eingewickelt.

1.4.1.6 Auftriebskörper und Basisplattform

Die hydrodynamisch geformten Auftriebskörper wurden für alle Gerätekombinationen individuell angefertigt, um sie unter Erhalt der Schwimmfähigkeit so klein wie möglich zu halten. Der Auftriebskörper besteht aus einer ca. 70:30 Mischung aus Kunstharz (Glosscoat NL, Vosschemie, D) und hohlen Mikro-Glasperlen (B-Spheres Gr.2, OMEGA Minerals, Norderstedt, D).

Die kleinste Gerätekombination (Abb. 1D) bestand aus einem Fahrtenschreiber und einem Satellitensender und war nur für die im Frühjahr gefangenen, trächtigen Weibchen vorgesehen. Diese Kombination konnte sehr schnell auf den gefangenen Tieren befestigt und so der Stress für die Tiere minimiert werden. Die Geräte für die Männchen enthielten zusätzlich noch den IMASEN. Im Herbst enthielt der Auftriebskörper für alle Tiere noch den Ablösemechanismus, um das Gerät wieder vom Tier abzulösen, wenn der Speicher nach etwa 94 Tagen voll war. Das Gewicht der Auftriebskörper lag je nach Version zwischen 150 und 300 g.

Der Auftriebskörper wurde im Frühjahr lediglich mit einer Neoprenbasisplatte und im Herbst/Winter mit einer schuhartigen Neoprenhülle auf dem Seehund befestigt. Die Neoprenbasisplatte besaß je nach Größe fünf bzw. sieben Ausläufer und wurde an die Unterseite des Auftriebskörpers genäht und geklebt. An den Enden der Ausläufer waren kleine Stücke Plastikgitter (ca. 2x2 cm) angenäht, um die Haftung zwischen Neopren und Fell zu verstärken. Bei der Herbstausrüstung wurde der Auftriebskörper in den Neoprenschuh geschoben und mittels einer Angelschnur am vorderen Neoprenausläufer befestigt.

1.4.1.7 Geräteprogrammierung

Die Fahrtenschreiber wurden - mit Ausnahme von zwei Geräten – mit einem Taktintervall von fünf Sekunden programmiert. Dies ergab eine Aufzeichnungsdauer von 94 Tagen. Zwei Geräte wurden mit einem 2-Sekunden-Intervall programmiert, um detailliertere Informationen zum Tauchverhalten zu erhalten.

Die Kiefersensoren wurden anfangs mit 5 Hz getaktet. Da diese Geräte allerdings für eine weitaus höhere Taktfrequenz konzipiert worden sind, reichte die Batteriekapazität wegen des hohen Ruhestroms nur um 30-40% des Speichers zu füllen. Eine Erhöhung der Taktfrequenz auf 10 Hz bei späteren Einsätzen sollte deshalb eine höhere Auflösung der Daten bei ungefähr gleich bleibender Aufzeichnungsdauer bringen.

Die Satellitensender wurden so programmiert, dass sie nach Ablösung des Gerätes vom Seehund möglichst noch 1-2 Monate sendeten, um sie noch orten zu können, wenn die Geräteeinheit an Land gespült war. Da nachts nur sehr wenige Satelliten über dem Untersuchungsgebiet hinweg flogen, wurden die Sender zur Schonung der Batterie zusätzlich so programmiert, dass sie nur tagsüber (ca. 6 – 21 Uhr) aktiv waren.

Die im Herbst eingesetzten Timer wurden so programmiert, dass sich das Gerätesystem ablöste, sobald der Speicher des Fahrtenschreibers voll war (bei einem Taktintervall von fünf Sekunden nach 94 Tagen).

1.4.2 Anbringung der Geräte

1.4.2.1 Fang und Ruhigstellung der Seehunde

Auf der Lorenzenplate wurden die Seehunde mit einem zwischen zwei kleinen Booten ausgebrachten 100 m langem Netz von der Sandbank gefangen (für eine ausführlichere Beschreibung siehe Jeffries et al. 1993 und Adelung et al. 2004). Für den Fang der Tiere auf Rømø wurde diese Methode leicht abgeändert, da nur ein Boot zur Verfügung stand. Das Boot näherte sich vor den Seehunden dem Strand, wobei zwei Helfer abgesetzt wurden, die das eine Ende des Netzes an ein dort befindliches Auto befestigten. Das Boot umfuhr dann in einem Halbkreis die am Strand liegenden Seehunde und näherte sich auf der anderen Seite wieder dem Strand. Dort wurde das andere Ende des Netzes an einem zweiten Auto befestigt. Mit Hilfe beider Autos wurde dann das Netz langsam an Land gezogen. Sofort nach dem Fang wurden die Tiere wie auf der Lorenzenplate aus dem großen Netz befreit und in einzelne Schlauchnetze verbracht.

Auf Helgoland war es aufgrund des flachen Wassers nicht möglich, mit einem Boot zu arbeiten. Da die Seehunde auf Helgoland jedoch eine wesentlich geringere Fluchtdistanz haben als Tiere aus dem Wattenmeer, konnten die Tiere hier von Land aus gefangen werden. Dazu näherte sich eine kleine Gruppe von Helfern langsam den Tieren bis die kritische Distanz erreicht war an der die Seehunde anfangen ins Wasser zu fliehen. In diesem Augenblick rannten die Helfer in die Gruppe hinein und griffen sich

jeweils ein Tier an den Hinterextremitäten. Die restlichen Helfer folgten mit den Schlauchnetzen, in die die Tiere dann verbracht wurden.

Nach dem Verbringen in die Schlauchnetze wurden die Tiere weiter auf den Strand oder die Sandbank gezogen und dort mit Blickrichtung Land abgelegt. Die Tiere standen unter ständiger Beobachtung und wurden von Zeit zu Zeit mit Wasser gekühlt.

1.4.2.2 Gerätebefestigung

Nachdem die Seehunde auf einer speziellen Bank (Adelung et al. 2004) positioniert, durch Gurte immobilisiert und die Augen mit einem Handtuch abgedeckt waren, wurde der für die Anbringung der Geräte vorgesehene Bereich auf dem Rücken der Tiere (sowie für den IMASEN die entsprechenden Stellen am Ober- und Unterkiefer) mit Wasser und Aceton gereinigt und getrocknet. Den Vorschlägen von Bannasch et al. (1994) aufgrund von hydrodynamischen Betrachtungen folgend, wurde das Messgerät im Beginn des letzten Drittels auf dem Rücken der Seehunde befestigt. Dies vermindert den hydrodynamischen Widerstand erheblich (Obrecht et al. 1988, Bannasch et al. 1994) und reduziert damit die Gefahr eines durch die Geräte bedingten unnatürlichen Verhaltens (siehe dazu die Diskussion darüber bei Pinguinen in Wilson & Culik 1992 und Culik et al. 1994).

Die Ausläufer der Neoprenunterlage der Geräte wurden mit einem Zweikomponenten-Kleber (Devcon 5 Minute Epoxy 14270, Danvers, USA) versehen und auf das Fell geklebt. Anfänglich wurde bei kalten Witterungsverhältnissen ein Haartrockner benutzt, um den Aushärtungsprozess des Zweikomponentenkunststoffklebers zu beschleunigen. Später wurden handelsübliche Taschenwärmer verwendet, da sie punktgenau auf den Klebestellen platziert werden konnten. Zudem wurden die Tiere nicht unnötig durch das Geräusch des Haartrockners und des dafür notwendigen Generators gestresst. Bei der Anbringung der Kiefersensoren wurde dem Seehund ein Beissholz zwischen die Kiefer gesteckt, um Bewegungen des Kopfes und das Risiko eines Bisses zu minimieren.

1.4.2.3 Tierschutzaspekte

Wie auch im Vorgängerprojekt wurde besonderer Wert auf den Tierschutz gelegt. Die Geräte wurden so klein und leicht wie möglich gehalten und die Auftriebskörper hydrodynamisch geformt. Unmittelbar nach dem Fang wurden die Tiere veterinärmedizinisch untersucht und während der gesamten Ausrüstungsaktion wurde darauf geachtet, die Tiere ständig zu überwachen und zu kühlen. Um die Bearbeitungszeit und damit den Stress von trächtigen Weibchen so kurz wie möglich zu halten, wurde sie zuerst ausgerüstet und es wurde hier auf den Kiefersensor verzichtet.

1.4.3 Ausrüstungsaktionen

1.4.3.1 Standorte

Im Gegensatz zum MINOS-Projekt, bei dem Seehunde nur auf dem im Wattenmeer befindlichen Liegeplatz Lorenzenplate gefangen wurden, wurden in diesem Projekt die Seehunde, wie bereits erwähnt, an den drei Standorten Lorenzenplate (D), Rømø (DK) und Helgoland (D) gefangen (Abb. 3). Die Lorenzenplate ($54^{\circ}38'N / 8^{\circ}53'O$) nordwestlich der Halbinsel Eiderstedt wurde auch in diesem Projekt als primärer Ausrüstungsort genutzt. Die Nutzung des Standortes Rømø ($55^{\circ}21'N / 8^{\circ}50'O$) in Dänemark wurde besonders im Hinblick auf der nahe gelegenen und sich in Betrieb befindlichen Offshore-Windkraftanlage Horns Rev ausgewählt. Der Standort Helgoland ($54^{\circ}19'N / 7^{\circ}92'O$) konnte aus technischen Gründen erst im Frühjahr 2005 als dritter und einziger Offshore Standort einbezogen werden.

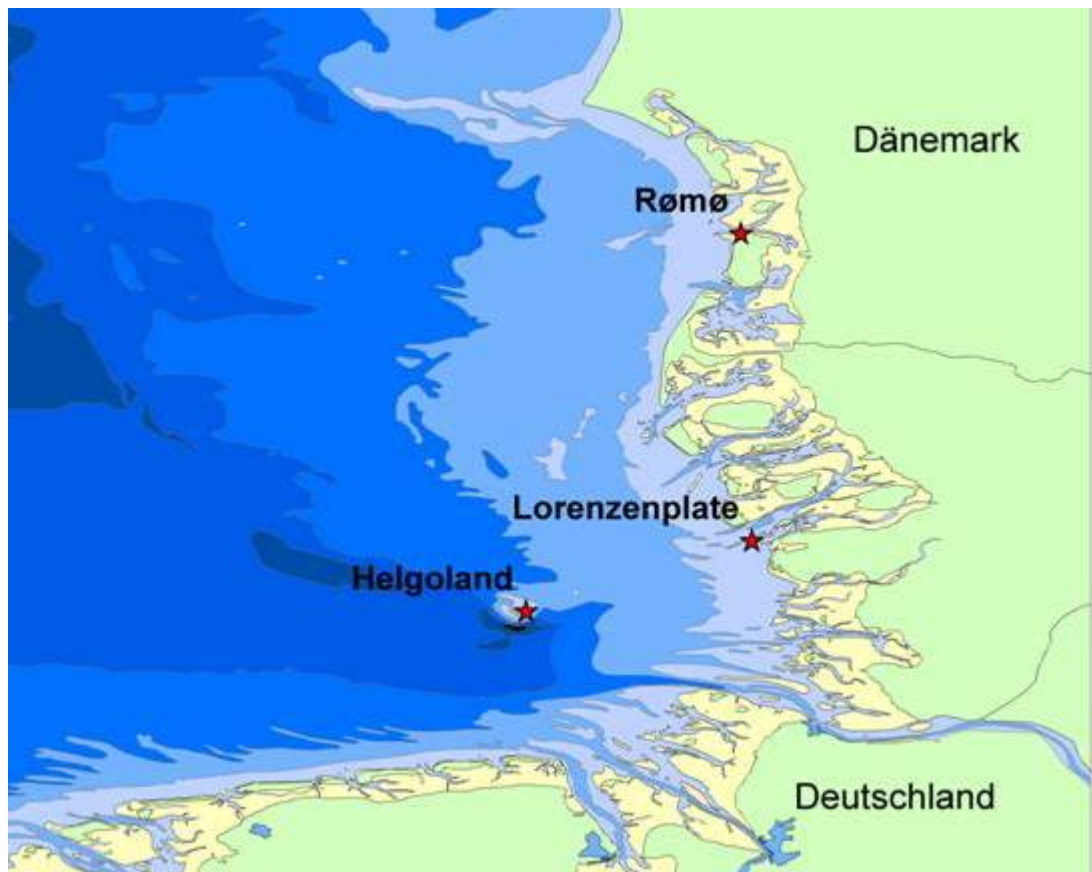


Abb. 3: Die drei Standorte Lorenzenplate, Helgoland (beide in Deutschland) und Rømø (Dänemark).

1.4.3.2 Termine

Es wurden zwischen April 2004 und September 2006 insgesamt 15 Ausrüstungsaktionen durchgeführt. Die Anzahl der besenderten Tiere lag zwischen zwei und acht Tieren pro Aktion. Insgesamt wurden 73 Tiere mit Geräten versehen. Von diesen Geräten konnten 55 wieder zurückgewonnen werden, was einer Rückgewinnungsrate von 75.3% entspricht. Die genaue Verteilung der ausgebrachten und zurück gewonnenen Geräte ergibt sich aus Tab. 1.

Tabelle 1: Übersicht über Ausrüstungsaktionen nach Standort, Saison und Geschlecht. Die Anzahl der zurück gewonnenen Geräte ist in Klammern angegeben. Frühjahr umfasst die Monate März, April und Mai; Herbst die Monate August, September und Oktober; Winter die Monate November und Dezember.

		Frühjahr	Herbst	Winter
Lorenzenplate	Weibchen	6 (4)	3 (2)	3 (3)
	Männchen	10 (9)	5 (4)	3 (1)
Rømø	Weibchen	-	-	1 (1)
	Männchen	15 (9)	6 (5)	3 (1)
Helgoland	Weibchen	3 (3)	-	-
	Männchen	7 (6)	8 (7)	-

Insgesamt 73 (55), Rückgewinnungsrate = 75.3%

1.4.4 Datenauswertung

Die Datenauswertung wurde prinzipiell wie im Vorgängerprojekt durchgeführt und wird im Folgenden deshalb nur kurz dargestellt.

1.4.4.1 Berechnung der 3D-Routen

Die 3D-Routen der Seehunde wurden mit dem Programm MT-Route (Jensen Software Systems, D) erstellt. Die notwendigen Daten (Tiefe, Kompass-Informationen, Neigungswinkel und Geschwindigkeit) wurden in das Programm eingelesen und ermöglichten dann über eine Vektorberechnung (Mitani et al. 2003) die Erstellung von Routen der einzelnen Beutezüge.

Die Neigungswinkel (frontal und lateral) mussten allerdings vor dem Einlesen kalibriert werden, da die ausgegebenen Winkel nicht den realen Winkel entsprachen. Hierfür wurde der Fahrtenschreiber in 10° Schritten von +90° bis -90° gekippt (frontal und lateral), sodass eine Kalibrationskurve erstellt werden konnte. Die so erhaltene

Gleichung wurde dann auf die Daten gelegt, bevor diese in das MT-Route Programm eingelesen wurden. Da nicht alle Fahrtenschreiber vor ihrem Einsatz auf diese Weise kalibriert werden konnten, wurde von allen kalibrierten Geräten eine Durchschnittskalibration erstellt, die dann für die Daten von nicht mehr vorhandenen oder defekten Geräten genutzt werden konnte.

Im Programm MT Route wurde die Kompassrichtung anhand der Formeln von Caruso (2000) bestimmt. Um die Daten der drei Kompasskanäle in die Formel einsetzen zu können, mussten sie vorher normiert werden, so dass der Mittelwert gleich Null und die Minimums- und Maximumswerte jeweils -1 und 1 betragen. Abschließend wurde eine Nordkalibration durchgeführt, bei der ein vorher von Testdateien der jeweiligen Geräte ermittelter Wert eingegeben wurde.

Die Ermittlung der Schwimmgeschwindigkeit über längere Zeit erwies sich u.a. aufgrund von Schwankungen in der Basislinie als problematisch, obwohl der Verlust von Geschwindigkeitssensoren und die Versandung der Mechanik zum großen Teil verhindert werden konnte. Aus diesem Grunde wurde ein Geschwindigkeitsdatensatz erstellt, in dem alle Tauchgänge die Durchschnittsgeschwindigkeit 1.4 m/s zugewiesen bekamen (Adelung et al. 2004).

Die Start- und Endpunkte einer Route wurden anhand der Satellitendaten bestimmt (siehe unten) und in das Programm eingegeben. Die Eingabe des Endpunktes ermöglichte eine Driftkorrektur (Drift aufgrund von Strömungen, die im Gezeitenbereich sehr stark sein können).

1.4.4.2 *Areal-Interessen-Index (All)*

Der Areal-Interessen-Index (All) bestimmt das Ausmaß des Mäandrierens eines Tieres, d.h. wie geradlinig das Tier schwimmt. Die Berechnung erfolgt entsprechend der im MINOS Endbericht dargestellten Formel mit dem Programm QuoteDist (Jensen Software Systems, D) und ergibt Werte zwischen 0 und 1. Hierbei ist zu beachten, dass im Folgenden hohe Werte auf ein ausgeprägtes Mäandrieren hindeuten, bei dem das Tier sich innerhalb eines sehr kleinen Gebietes bewegt, und dadurch ein großes Interesse an dem Gebiet zeigt. Niedrige Werte beschreiben dagegen eine mehr geradlinige Bewegung von einem Punkt zum anderen.

1.4.4.3 *Satellitendaten*

Die Satellitendaten wurden täglich per Email vom ARGOS Zentrum Toulouse in Frankreich übermittelt. Die benötigten Daten (ID, Datum, Zeit, Qualitätsklasse sowie Längen- und Breitengrad) wurden herausgefiltert und in separaten Dateien abgelegt. Die Genauigkeit der Qualitätsklassen 1, 2 und 3 wird mit unter 1000 m angegeben. In der Praxis erwiesen sich die Daten jedoch als weniger genau (Neef und Peschko 2006, siehe Anhang, J. Tougaard et al 2008), waren aber für die Bestimmung der Liegeplätze noch brauchbar. Für die Qualitätsklassen 0, A und B werden von ARGOS zwar keine

Genauigkeit angegeben, aber dennoch konnten auch die meisten dieser Daten zur Identifizierung von Liegeplätzen genutzt werden. Allerdings ist hierbei eine kritische Einzelbetrachtung der jeweiligen Daten notwendig.

Neben der Bestimmung der Liegeplätze der Seehunde und der Ortsbestimmung gestrandeter abgelöster Geräteeinheiten können die Satellitendaten auch zur Bestimmung der Dauer von Beutezügen verwendet werden für den Fall, dass die Fahrtenschreiber aufgrund technischer Probleme ausfallen. Im Rahmen einer Semesterarbeit konnte Schröder (2007) zeigen, dass hierfür auch Satellitensignale ohne Positionsbestimmung geeignet sind.

1.4.4.4 Tauchanalyse

Die Tauchanalyse wurde mit dem Programm MT-Dive (Jensen Software Systems, D) durchgeführt. Die Tauchprofile (Tiefe gegen Zeit) wurden graphisch dargestellt. Zusätzlich konnten andere relevante Parameter wie z.B. die Neigungswinkel hinzugefügt werden. Die einzelnen Tauchgänge wurden vom Programm anhand von nutzerdefinierten Parametern ermittelt. Die vom Programm gesetzten Cursor konnten manuell verändert/korrigiert werden. Die analysierten Daten wurden in einer separaten Datei gespeichert, in der pro Zeile ein Tauchgang mit den dazugehörigen Parametern (Datum, Zeit, Dauer, Tiefe etc.) abgelegt wird.

1.4.4.5 IMASEN-Daten

Insgesamt wurden 55 Kiefersensoren (Imasen) ausgebracht. Von diesen Geräten konnten 40 wieder zurückgewonnen werden. Die vorhandene Datenmenge ist jedoch sehr begrenzt, da zum einen die Sensoren bei einigen Tieren aus verschiedenen Gründen abgetrennt werden mussten, und zum anderen die elektronische Konfiguration der Geräte nur eine Aufzeichnung von 3-4 Tagen zulässt und somit kaum Daten von Beutezügen vorhanden sind.

1.5 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Da bereits das Vorgängerprojekt MINOS weltweit wissenschaftlich und technisch führend auf dem Gebiet der Erforschung der Aktivitäten von Seehunden in See war, konnte die dort verwendete Technik übernommen werden und musste lediglich in einigen Punkten optimiert werden.

1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine enge Zusammenarbeit fand mit der Arbeitsgruppe von PD Dr. Ursula Siebert vom Forschungs- und Technologiezentrum Westküste der Universität Kiel in Büsum statt, die während der Fangaktionen im Rahmen eines Lebendmonitoring die Seehunde auf ihren gesundheitlichen Status überprüften, so dass nur gesunde Tiere zu den Versuchen zugelassen werden konnten.

Eine enge Kooperation fand bei den Untersuchungen auf Rømø mit dänischen Kollegen vom Fiskeri- og Søfartsmuseet in Esbjerg und dem National Environmental Research Institute in Roskilde statt,

2 Eingehende Darstellung

2.1 Erzielte Ergebnisse

2.1.1 Datengrundlage

Von den 73 ausgebrachten Geräten wurden 55 zurückgewonnen. Davon enthielten 35 Geräte brauchbare Daten. Von diesen Daten konnten für 30 Tiere Routen berechnet werden. Für die anderen fünf Tiere konnten nur die Tauchparameter genutzt werden, da entweder keine Satellitenpositionen vorhanden waren oder ein Defekt an einem der Kompass- oder Neigungswinkelsensoren vorlag. Die restlichen Geräte hatten leider sehr schnell nach der Anbringung einen Wassereintrich erlitten und enthielten deswegen keine, bzw. nur ganz wenige Informationen und werden im Folgenden nicht berücksichtigt.

Die Aufzeichnungsdauer der einzelnen Geräte ist aufgrund von Wassereintrichen oder frühzeitiger Ablösung sehr variabel (Abb. 4). Durch die Erhöhung der Speicherkapazität ist die Aufzeichnungsdauer (bei einem Taktintervall von fünf Sekunden) bei den einzelnen Tieren im Vergleich zum Vorgängerprojekt wesentlich verlängert worden. Dies ermöglicht auch die Untersuchung von Veränderungen im Verhalten bei einzelnen Tieren über längere Zeitabschnitte.

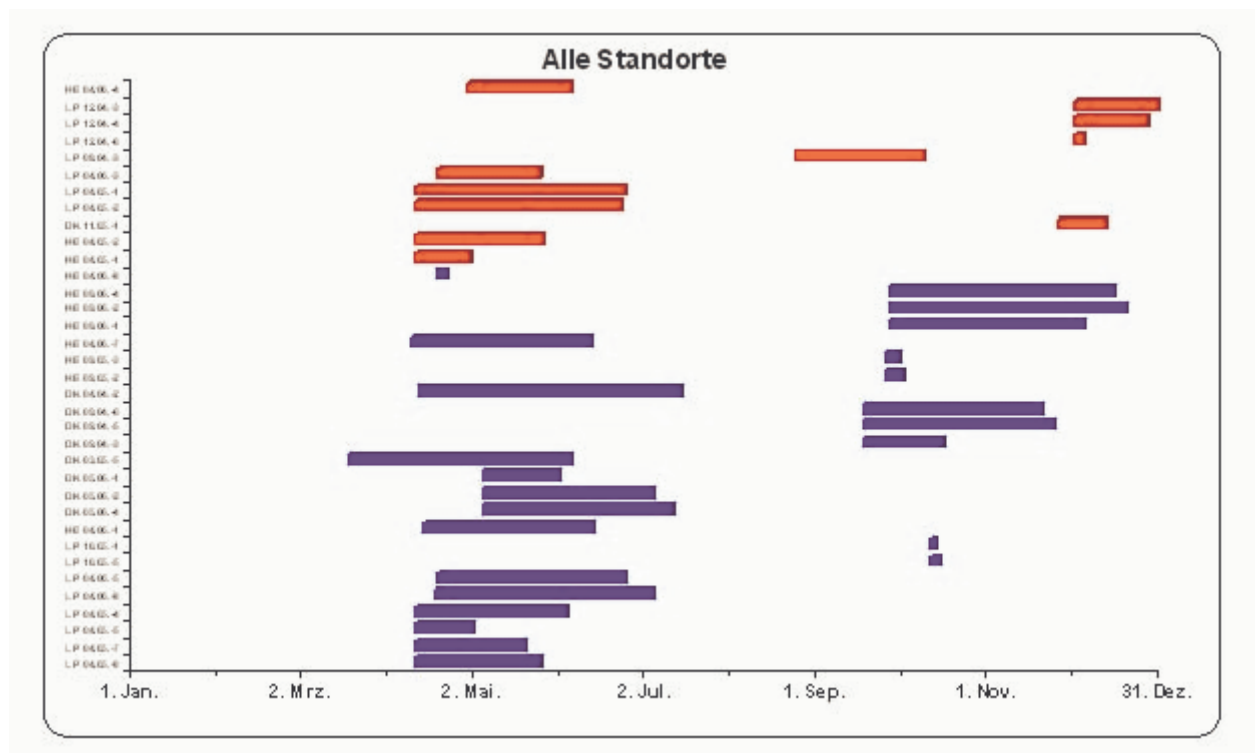


Abb.4: Übersicht über Dauer der Aufzeichnungen der einzelnen Tiere. Die Weibchen sind mit roten Balken, die Männchen mit blauen Balken dargestellt.

2.1.2 Gebietsnutzung

2.1.2.1 Liegeplätze

Der Befund des Vorgängerprojektes, dass sich die Seehunde sehr standorttreu verhalten, konnte nur teilweise bestätigt werden. Das heißt, dass die Tiere zwar sehr häufig die gleiche Region für ihre Ruhephasen aufsuchen, aber die wenigsten Tiere nur einen einzelnen Liegeplatz nutzen. Die meisten Seehunde nutzen 1-3 Liegeplätze (Abb. 5), die jedoch recht nahe beieinander liegen können. Der Wechsel zu weit entfernten Liegeplätzen kommt eher selten vor. Ein Beispiel hierfür ist ein Seehund (Tier HE 09.06.-1), der im Herbst 2006 auf Helgoland ausgerüstet worden ist, dann ins Schleswig-Holsteinische Wattenmeer schwamm und später an der Ostfriesischen Küste entlang in die Niederlande bis nach Texel geschwommen ist.

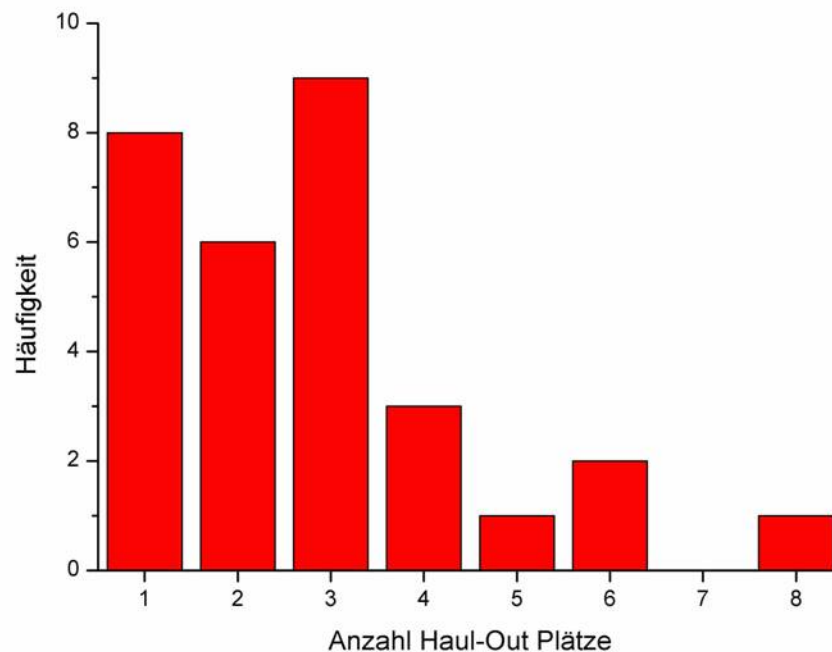


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung von der Anzahl der genutzten Liegeplätze pro Tier von 30 Tieren. Es ist zu beachten, dass die Aufzeichnungsdauer der einzelnen Tiere unterschiedlich lang ist, und somit eine Verschiebung der Häufigkeit nach links vorliegen kann.

Die in dieser Arbeit identifizierten Liegeplätze stimmen gut mit einer Untersuchung von 1990 – 1993 durch Schwarz (1998) überein (Abb. 6). Im Sommer nutzen die trächtigen Weibchen öfter die inneren geschützten Bereiche des Wattenmeeres, um dort ihre Jungen zur Welt zu bringen und zu säugen. Zwei trächtige Weibchen wurden auf Helgoland ausgerüstet, und auch diese schwammen kurz vor der Wurfzeit ins Wattenmeer. Ein Weibchen, bei dem der Wurfzeitpunkt anhand der Fahrtenschreiberdaten bestimmt werden konnte, zog sich während der Wurf- und Säugezeit ins innere Wattenmeer nahe Nordstrandischmoor zurück und blieb dort für mindestens drei Wochen, ohne Beutezüge zu unternehmen.

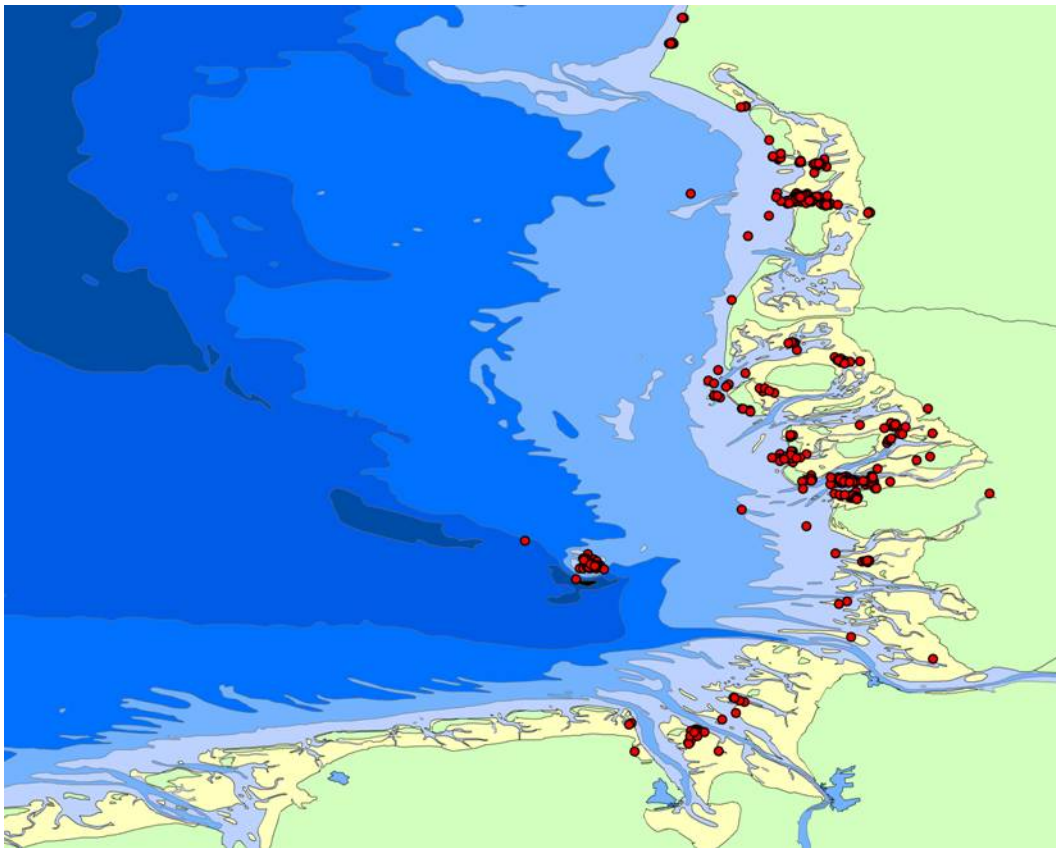


Abb. 6: Liegeplätze aufgrund von Satellitenpositionen mit der Qualität 0, 1, 2 und 3. Die Daten gehören zu den 30 Tieren, von denen verwertbare Satellitendaten vorliegen.

2.1.2.2 Beutezugdauer

Von den 35 Datensätzen konnten insgesamt 332 Beutezüge eindeutig bestimmt werden, d.h. dass sowohl am Anfang wie auch am Ende ein eindeutiger Aufenthalt an Land stattfand. Es zeigte sich, dass die Seehunde auf Helgoland ein anderes Beutezugverhalten haben als Seehunde aus dem Wattenmeer. Daher wurden die Beutezüge in folgende Kategorien eingeteilt:

- Wattenmeer: Beutezüge, die ihren Start- und Endpunkt im Wattenmeer haben
- Helgoland: Beutezüge, die ihren Start- und Endpunkt auf Helgoland haben
- Transit: Beutezüge, die ihren Startpunkt im Wattenmeer und ihren Endpunkt auf Helgoland haben, oder umgekehrt
- Beutezüge, deren Start- und/oder Endpunkte aufgrund mangelnder Satellitendaten nicht festgestellt werden kann

In die Kategorie Wattenmeer fallen insgesamt 118 Beutezüge (14 von Weibchen, 104 von Männchen). 142 Beutezüge fallen in die Kategorie Helgoland (53 von Weibchen, 89 von Männchen). Auf die Kategorie Transit fallen 19 Beutezüge. In die letzte Kategorie (unbekannter Start- oder Endpunkt) entfallen 53 Beutezüge.

Die Verteilung der Beutezugdauer der Kategorien Wattenmeer und Helgoland unterscheiden sich deutlich voneinander (Abb. 7). Die Seehunde auf Helgoland führten in der Regel tägliche Beutezüge aus. Lediglich in einem Ausnahmefall betrug die Beutezugdauer 8.9 Tage. Bei Beutezügen aus dem Wattenmeer heraus liegt der Mittelwert bei 4.6 ± 3.8 (SD) Tagen. Der längste Beutezug dauerte 15.3 Tage. Die Tiere von Helgoland unternehmen somit häufigere, aber kürzere Beutezüge, während die Tiere aus dem Wattenmeer seltener, aber dafür länger unterwegs sind.

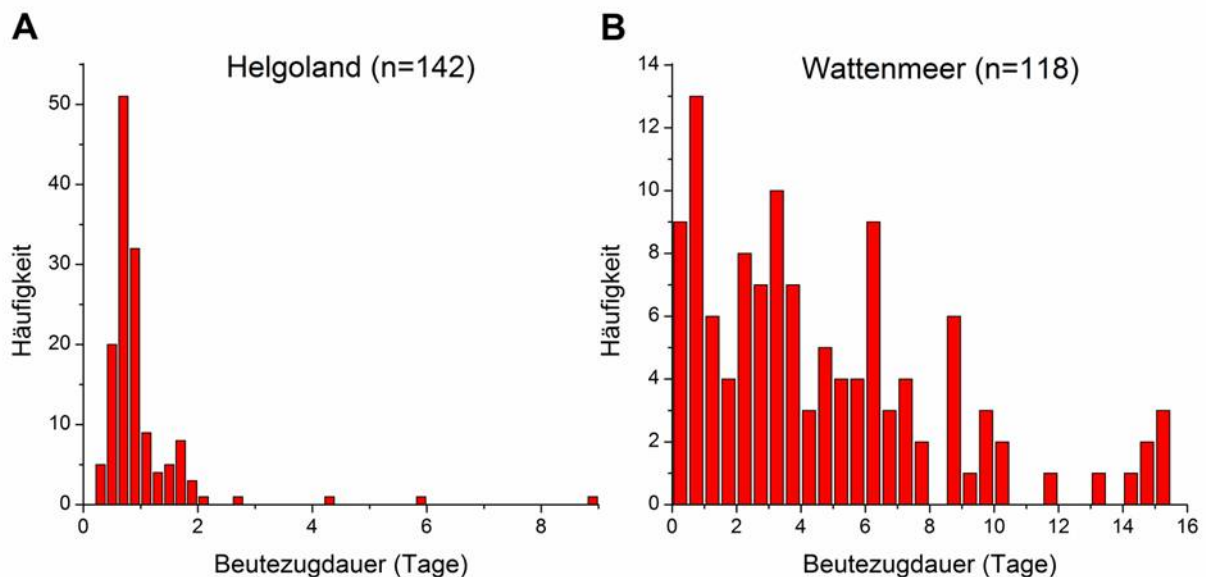


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Beutezugdauer von Beutezügen mit Start- und Endpunkt auf Helgoland (A) und im Wattenmeer (B).

Die Unterschiede in den beiden Gruppen ergeben sich vermutlich aus der Lage der Liegeplätze in Bezug zum Nahrungsgebiet (s.u.). Während sich die Seehunde von Helgoland in direkter Nähe zu tiefem Wasser mit ihrer bevorzugten Beute befinden, müssen die Tiere aus dem Wattenmeer erst einmal aus dem Wattenmeer hinausschwimmen, um ihre Nahrungsgründe zu erreichen. Interessant ist, dass einzelne Seehunde ihre Strategie generell an den jeweiligen Standort anpassen. So führt ein und derselbe Seehund kurze Beutezüge durch, wenn sein aktueller Liegeplatz sich auf Helgoland befindet, längere Beutezüge aber, wenn sein Ausgangspunkt im Wattenmeer liegt.

2.1.2.3 Routen

Insgesamt konnten in diesem Projekt 279 Routen von 30 Seehunden berechnet werden. Die größte Anzahl der Routen kam von Tieren von Helgoland (160 Routen), was aufgrund der meist sehr kurzen Beutezüge nicht überraschend ist. Von in Dänemark ausgerüsteten Tieren konnten 67 Routen berechnet werden, und für die auf der Lorenzenplate ausgerüsteten Seehunde ließen sich 52 Routen erstellen.

Die Übersicht über alle Routen (Abb. 8) zeigt, dass die Seehunde ein sehr großes Gebiet außerhalb des Wattenmeeres nutzen und dass auch Gebiete, in denen Offshore-Windkraftanlagen genehmigt oder geplant sind, von den Seehunden genutzt werden.

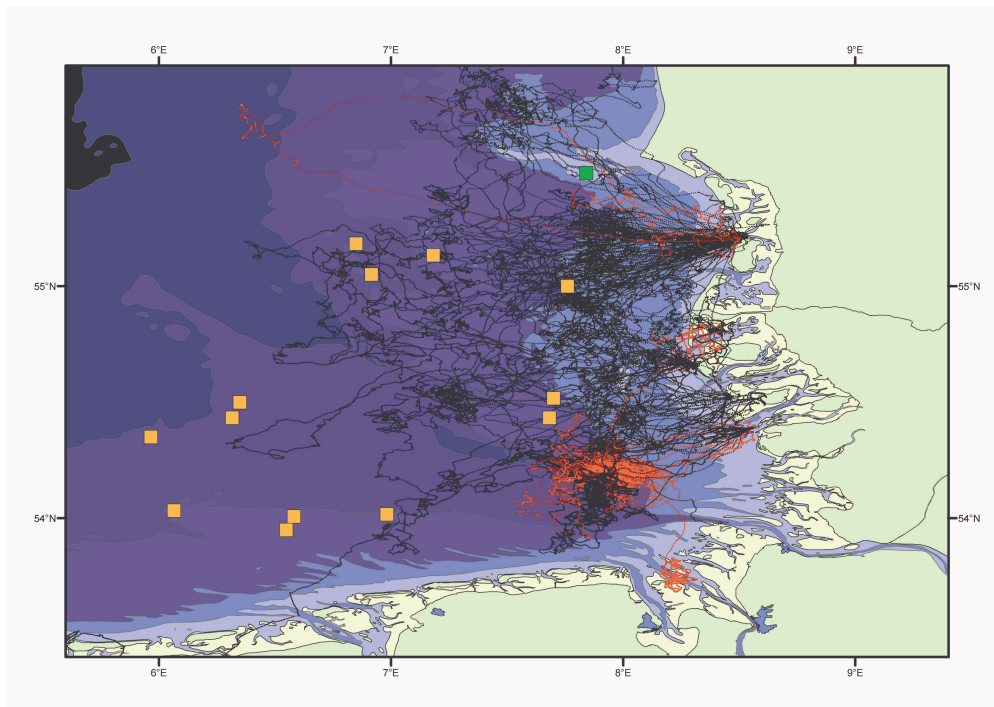


Abb. 8: Darstellung von allen 279 Routen basierend auf den Daten von 30 Seehunden. Routen von Männchen sind in schwarz dargestellt, Routen von Weibchen in rot. Die orangefarbenen Vierecke stellen einen Teil der genehmigten und geplanten deutschen Offshore-Windkraftanlagen dar, das grüne Viereck die bestehende Anlage Horns Rev in Dänemark. (Die Legende gilt auch für die Abbildungen 9 bis 13)

Seehunde von der Lorenzenplate nutzen intensiv viele Liegeplätze im Wattenmeer (Abb. 9). Zudem schwimmen sie häufiger nach Helgoland. Seehunde von Helgoland bleiben hauptsächlich auf Helgoland, nutzen aber auch einige Liegeplätze im Wattenmeer (Abb. 10). Die dänischen Seehunde von Rømø nutzen nur Liegeplätze im Wattenmeer. Obwohl sie z.T. recht nahe an Helgoland herankommen (Abb. 11), wurden keine Ruhephasen auf der Insel festgestellt.

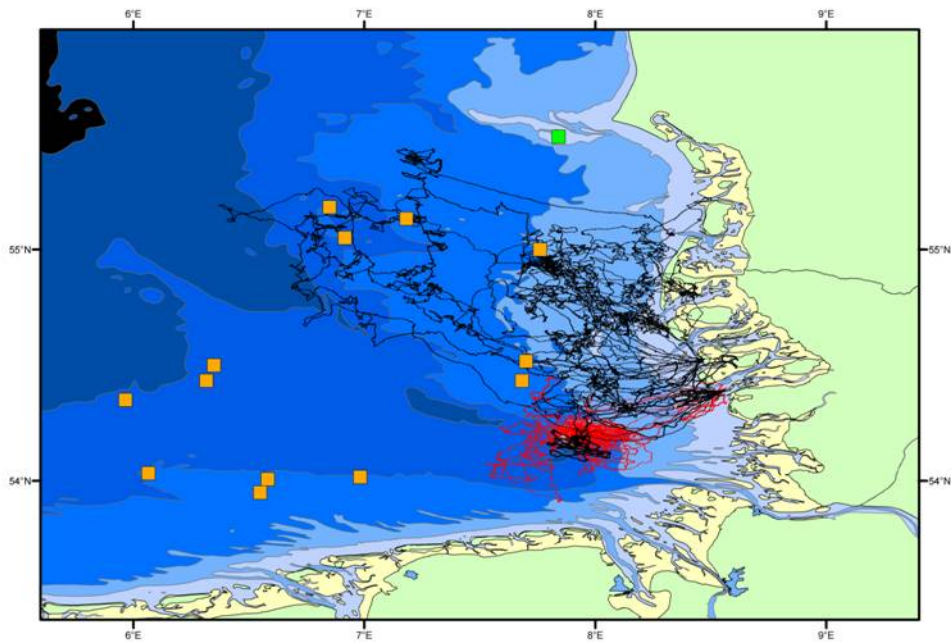


Abb. 9: Alle Routen von auf der Lorenzenplate ausgerüsteten Seehunden.

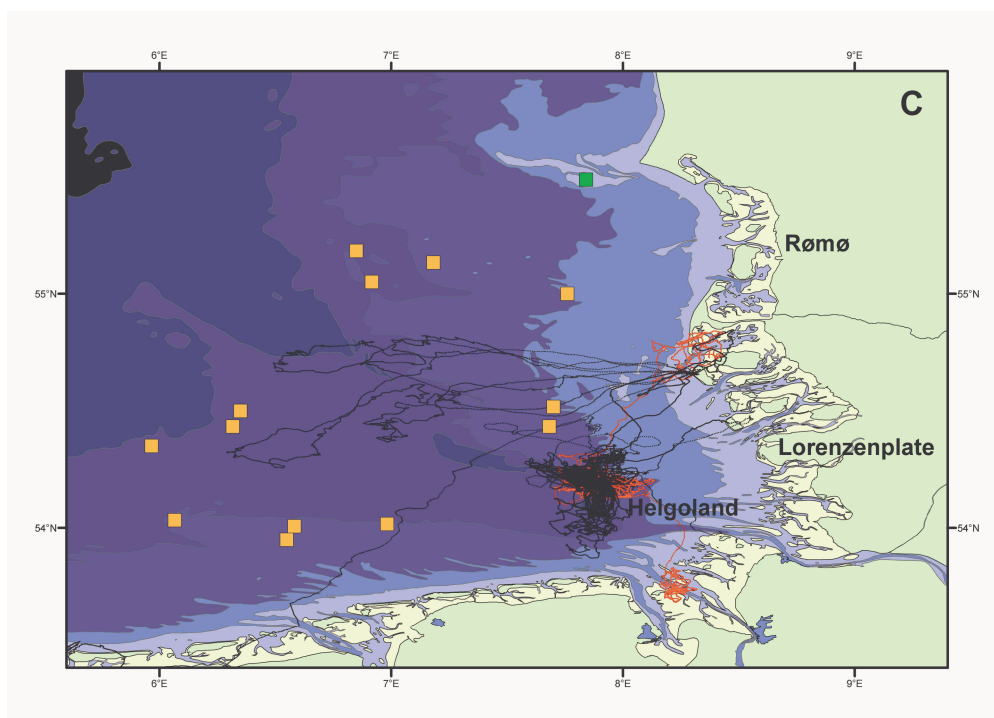


Abb. 10: Alle Routen von auf Helgoland ausgerüsteten Seehunden.

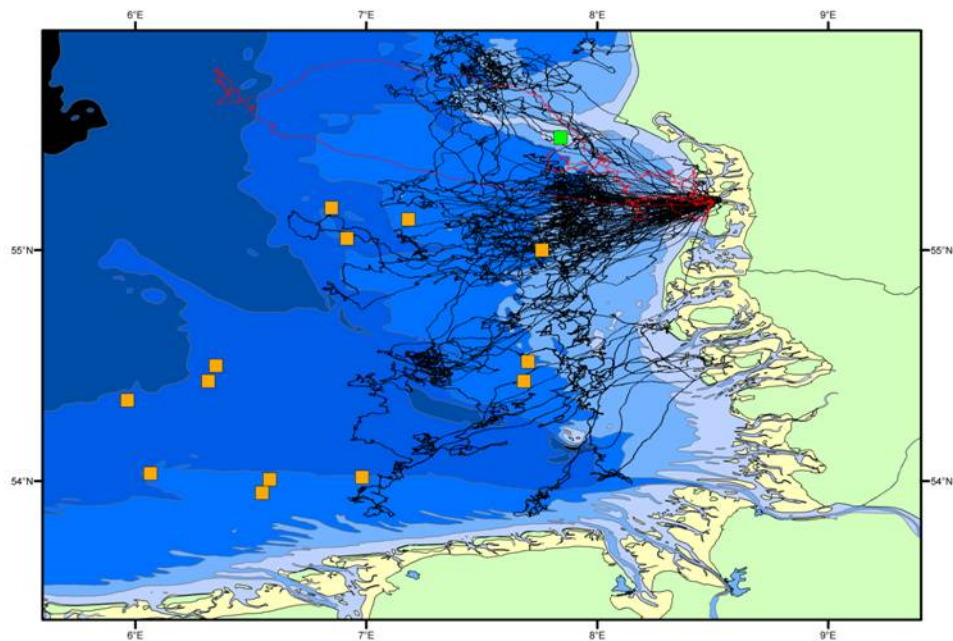


Abb. 11: Alle Routen von auf Rømø ausgerüsteten Seehunden.

Die vorliegenden Daten deuten daraufhin, dass die untersuchten Seehunde im Herbst weiter entfernt liegende Nahrungsgründe aufsuchen als im Frühjahr (Abb. 12 und 13, aufgrund der sehr geringen Anzahl von Trips vom Winter, sind diese mit den Herbstdaten zusammengefasst worden). Hierbei ist jedoch die unterschiedliche Anzahl von Routen zu beachten. Für das Frühjahr konnten insgesamt 182 Routen von 19 Tieren erstellt werden. Von diesen Tieren wurden sechs auf Helgoland ausgerüstet, für 16 Seehunde liegen Routen aus dem Wattenmeer heraus vor. Die Anzahl der Routen verteilt sich gleichmäßig auf die beiden Kategorien Wattenmeer und Helgoland. Im Gegensatz hierzu konnten im Herbst 97 Routen von nur 11 Tieren berechnet werden. Von diesen Tieren wurde fast die Hälfte (fünf Seehunde) auf Helgoland ausgerüstet. Hinzu kommt, dass die meisten Routen von Helgoländer Tieren durchgeführt worden sind Infolgedessen liegen für diese Zeit nur wenige Routen aus dem Wattenmeer heraus vor. Ob sich der Trend dieser zeitlichen Variabilität in der Verbreitung bestätigt, kann nur durch weitere Besunderungen im Herbst und Winter herausgefunden werden. Ein möglicher Grund hierfür könnte eine saisonale Änderung des Beutespektrums sein.

Ein Vergleich der räumlichen und zeitlichen Verteilung auf See von männlichen und weiblichen Seehunden ist aufgrund der sehr geringen Datengrundlage für Weibchen leider nicht möglich. Hier ist es interessant zu erwähnen, dass bei sämtlichen Fangaktionen auf Rømø bisher nur zwei Weibchen gefangen werden konnten, von denen nur eines groß genug war, um besundert zu werden.

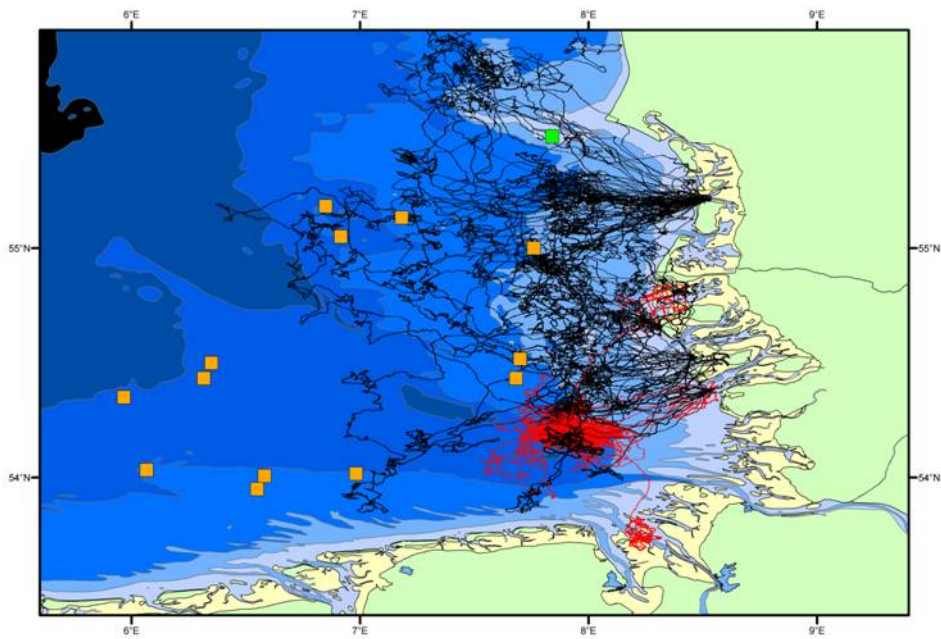


Abb. 12: Alle 182 Routen von den 19 im Frühjahr ausgerüsteten Seehunden von allen drei Standorten.

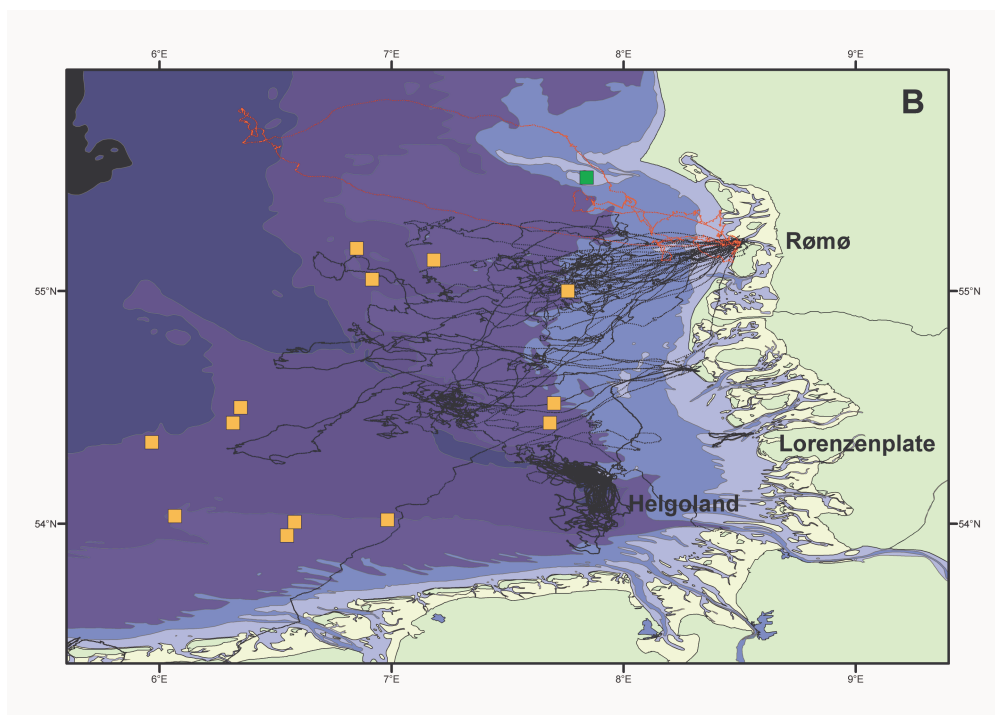


Abb. 13: Alle 97 Routen von den 11 im Herbst und Winter ausgerüsteten Seehunden von allen drei Standorten.

2.1.2.4 Tauchdaten

Von den insgesamt 35 Tieren mit brauchbaren Daten, d.h. mit mindestens einem kompletten Beutezug, konnten 332 Beutezüge ermittelt und analysiert werden. In diesen Beutezügen wurden insgesamt 308.475 Tauchgänge durchgeführt, die in die Analyse miteinbezogen wurden.

Einzelne Beutezüge zeigen ein generelles Muster mit zunehmender Tiefe nach dem Verlassen des Liegeplatzes. Die Maximaltiefe wird meist im mittleren Teil des Beutezuges erreicht (Abb. 14). Hierdurch wird deutlich, dass das Tiefenprofil eines Beutezuges die Tiefe des Meeresbodens reflektiert (siehe weiter unten). Einige tiefere Tauchgänge am Anfang oder Ende des Beutezuges entstehen wahrscheinlich beim Durchschwimmen von tieferen Prielen beim Verlassen des Wattenmeeres.

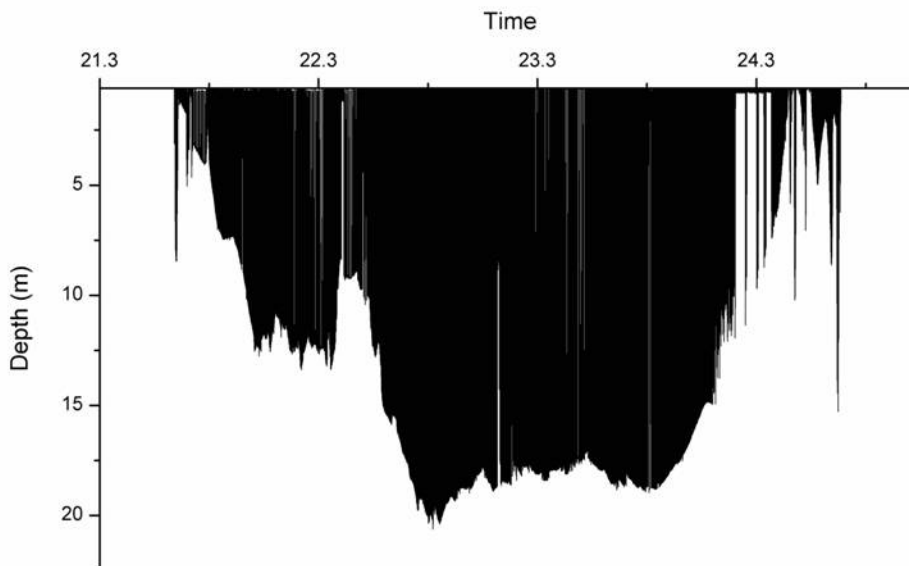


Abb. 14: Tiefenprofil eines 3tägigen Beutezuges von einem Seehund von Rømø, DK, mit einer Maximaltiefe von ca. 20 m. Einzelne Tauchgänge erscheinen als dünne Linien.

Die in Abb. 8 (alle Routen) gezeigte Verteilung der Seehunde außerhalb des Wattenmeeres spiegelt sich auch in den Tauchdaten wider (Abb. 15). Der größte Teil der Tauchgänge geht bis zum Meeresboden, wo die Nahrung erbeutet wird. Die Beutezüge, die vom Wattenmeer ausgehen, erreichen Tiefen von fast 40 m. Der größte Teil der Tauchgänge findet jedoch im Tiefenbereich 10 bis 25 m statt. Um Helgoland herum befindet sich recht tiefes Wasser, was sich auch in den Tauchtiefen von bis zu 60 m widerspiegelt. Die Verteilung der Tauchtiefen zeigt hier allerdings kein ausgeprägtes Maximum, jedoch eine Abnahme der Nutzung zwischen 30 und 60 m.

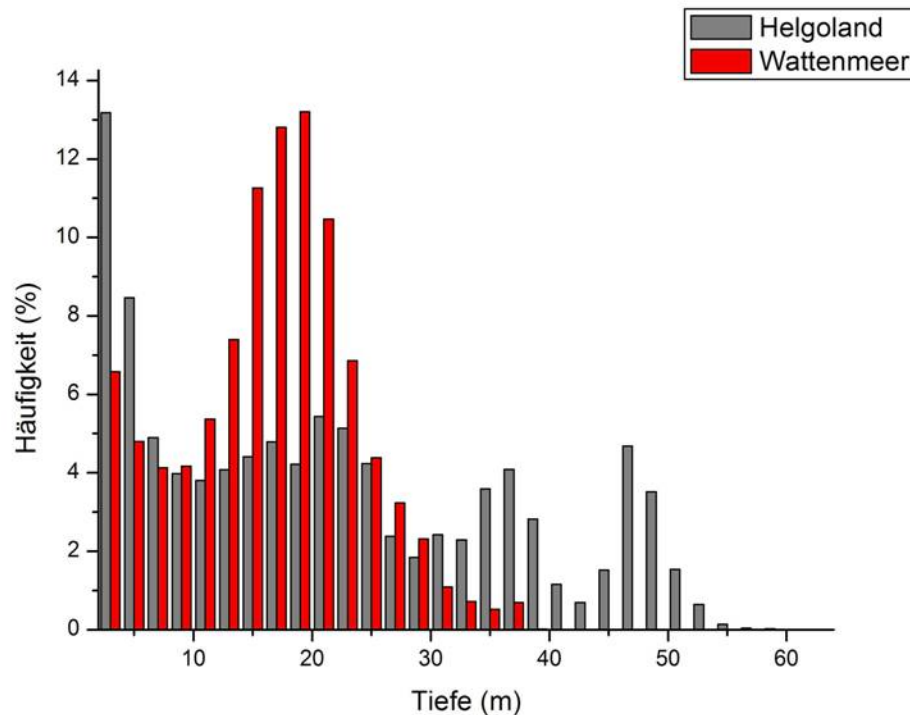


Abb. 15: Häufigkeitsverteilung der Tauchtiefen (in Prozent) aller Tauchgänge mit Ausgangs- und Endpunkt im Wattenmeer (rot) und auf Helgoland (grau).

Eine nähere Betrachtung von einzelnen Tauchgängen zeigt eine Reihe von verschiedenen Tauchprofilen. Der weitaus größte Teil der Tauchgänge besteht aus so genannten U-förmigen Tauchgängen mit drei leicht zu unterscheidenden Phasen: eine Abtauchphase, in der der Seehund sich von der Oberfläche zum Meeresboden bewegt; eine Bodenphase, in der das Tier sich am Boden entlang bewegt; und eine Auftauchphase, in der der Seehund wieder zur Oberfläche zurückkehrt. Dieses Muster ähnelt dem Buchstaben „U“ und deshalb werden diese Tauchgänge als U-förmige Tauchgänge bezeichnet. Ein zweiter Typ von Tauchmuster ist der V-förmige Tauchgang, der nur aus einer Abtauch- und einer Auftauchphase besteht. Auch dieser Typ kommt regelmäßig in den Daten vor, ist aber wesentlich seltener als der U-förmige Tauchgang.

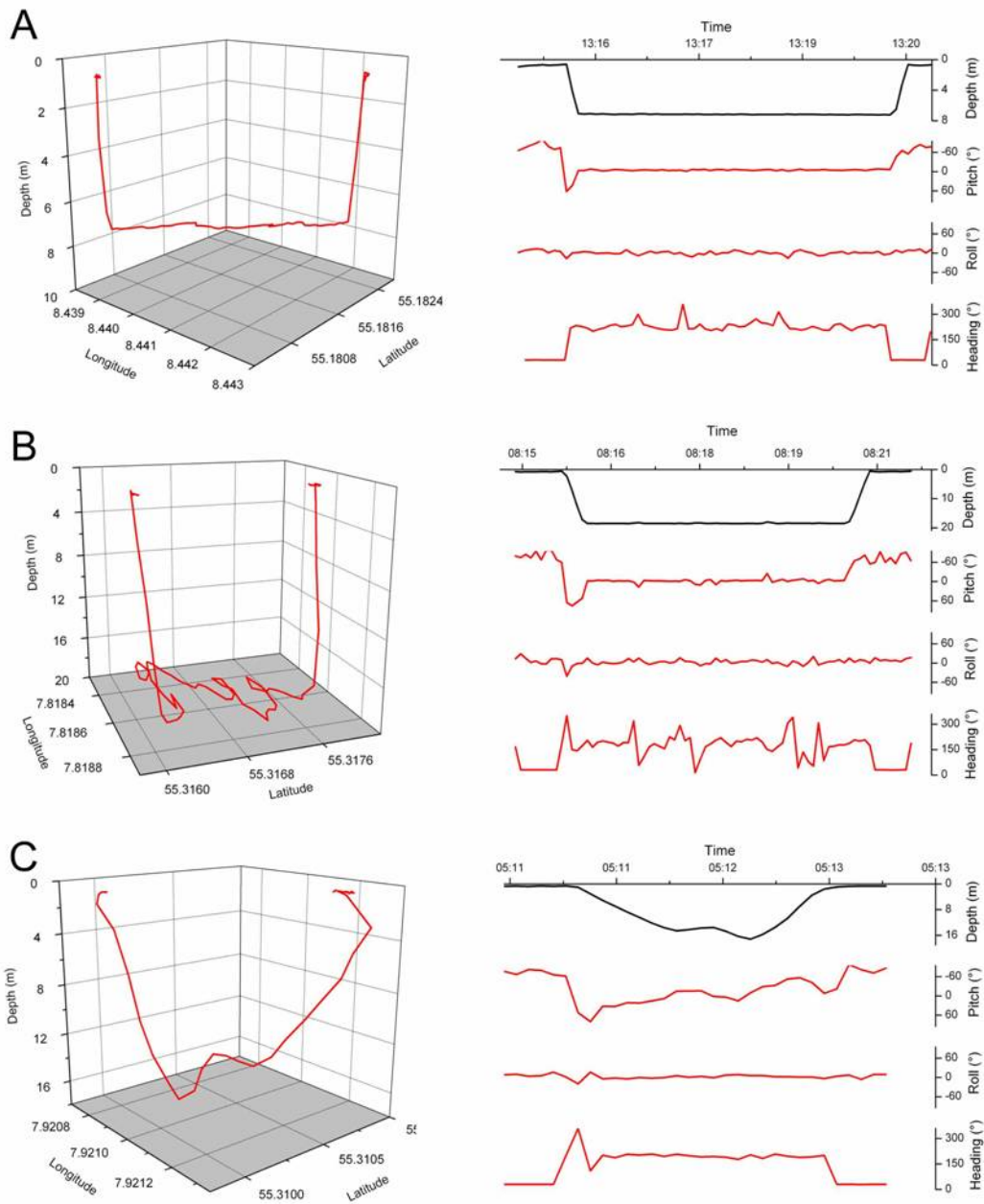


Abb. 16: Zwei unterschiedliche U-förmige Tauchgänge (A und B) sowie ein V-förmiger Tauchgang (C) mit den zugehörigen drei-dimensionalen Tauchprofilen (links) und der zwei-dimensionalen Darstellung von Tiefe, Pitch, Roll und Kompassrichtung als Funktion der Zeit (rechts). Zu beachten ist die große Ähnlichkeit der zwei-dimensionalen Darstellung des Tiefenprofils der U-förmigen Tauchgänge.

Die zwei-dimensionalen Tiefenprofile von allen U-förmigen Tauchgängen sind mehr oder weniger gleich. Bei der Betrachtung von zusätzlichen Parametern wie z.B. pitch und roll werden eine Reihe von Untertypen erkennbar (Abb. 16A, B). Wenn Seehunde

ihren Liegeplatz verlassen oder sich zwischen verschiedenen Beuteregionen bewegen, dann sieht man häufig so genannte Reisetauchgänge (Abb. 16A). Bei diesen Tauchgängen sieht man in allen Phasen eine sehr konstante Schwimmrichtung und es wird eine recht große Strecke zwischen dem Ab- und dem Auftauchpunkt zurückgelegt. Beim Erreichen einer Beuteregion wechselt der Seehund zu Such- und Fresstauchgängen (Abb. 16B), in denen die Ab- und Auftauchphase ähnlich derer des Reisetauchganges sind, sich die Bodenphase aber sehr variabel darstellt. Die Bodenphase ist durch ein hohes Maß an Variabilität in der Richtung sowie den Neigungswinkeln gekennzeichnet. Die zurückgelegte Strecke ist bei diesen Tauchgängen meist deutlich kürzer als bei Reisetauchgängen. Ein dritter Untertyp der U-förmigen Tauchgänge ist der Ruhetauchgang, bei dem sich der Seehund auf den Meeresboden sinken lässt und dort bewegungslos für einige Minuten verharret, bevor er wieder aktiv an die Oberfläche steigt. V-förmige Tauchgänge (Abb. 16C) sind sehr variabel in der Tiefe (besonders im Vergleich mit den vorherigen oder nachfolgenden U-förmigen Tauchgängen). Diese Tauchgänge werden häufig mit der Erforschung der Umgebung in Verbindung gebracht, aber die endgültige Funktion ist noch nicht bekannt.

2.1.2.5 *All*

Der Areal-Interessen-Index zeigt, ob sich ein Seehund gerichtet fortbewegt oder in einem eng begrenztem Gebiet hin- und herschwimmt. Im MINOS Projekt wurde gezeigt, dass die meisten Routen aus drei Phasen bestehen: zwei Phasen mit gerichteter Bewegung zwischen dem Liegeplatz und den Nahrungsgründen (Hin- und Rückweg), sowie einer Phase mit ungerichteten Bewegungen im Nahrungsgebiet. Im Prinzip bestätigen die vorliegenden Daten dieses Muster. Allerdings zeigen die neueren Daten, dass die Seehunde nicht nur ein einziges Nahrungsgebiet haben, wie anhand des folgenden Beispiels erläutert.

Als Beispiel dient der erste Beutezug von dem Tier DK 03.05.-5, einem Männchen, das am 19. März 2005 auf Rømø ausgerüstet worden ist und acht Beutezüge aus dem Wattenmeer heraus unternommen hat. Die Dauer des daraus ausgewählten und in Abb. 17 dargestellten Beutezuges betrug drei Tage, wobei der Seehund Tiefen von fast 25 m erreichte. In Abb. 17 ist links die drei-dimensionale Route des Tieres dargestellt. Es zeigt sich eine kontinuierliche Tauchaktivität während des gesamten Beutezuges. Die Änderungen in der Tiefe folgen dabei dem generellen Profil des Meeresbodens. Relativ gerade Strecken werden von Phasen abgelöst, in denen der Seehund mehr ungerichtete Bewegungen macht. Die recht tiefen Tauchgänge am Ausgangsort (roter Pfeil) sind auf einen tiefen Priel beim Liegeplatz zurückzuführen. Der All (Abb. 17 rechts) zeigt die Variation im All über den gesamten Beutezug hinweg. Es werden keine abgrenzbaren Phasen deutlich, sondern der All schwankt sehr stark. Es wird deutlich, dass der All an mehreren Stellen sehr hohe Werte annimmt, was auf eine ungerichtete Bewegung und Nahrungssuche hindeutet.

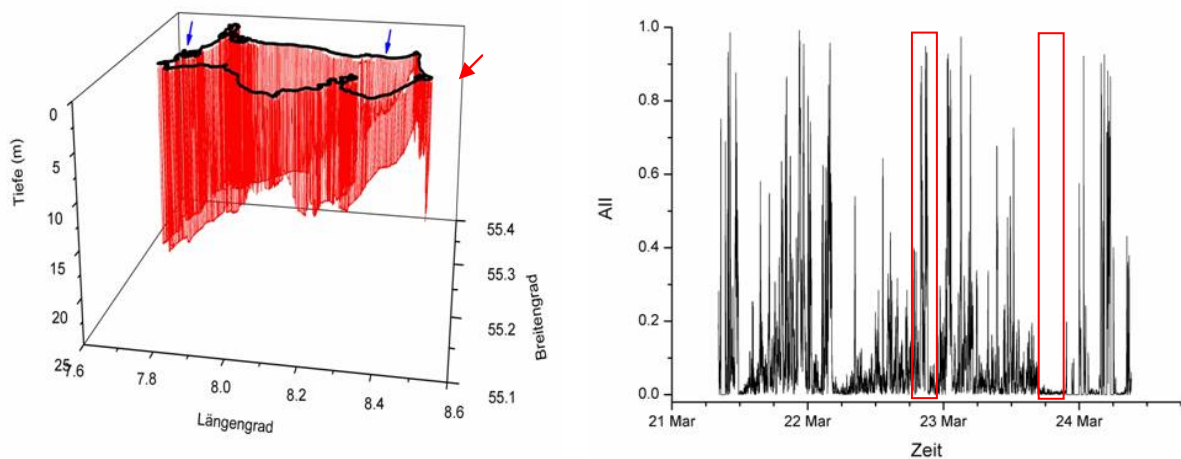


Abb. 17: Links: Darstellung des ersten Beutezuges des Seehundes DK 03.05.-5. Ausgangspunkt ist Rømø (roter Pfeil). Die roten Linien zeigen die dreidimensionalen Bewegungen (die einzelnen Tauchgänge), während die schwarze Linie die Route in zwei Ebenen darstellt. Rechts: All über den Verlauf des gesamten Beutezuges. Die roten Umrandungen markieren die mit blauen Pfeilen markierten Stellen der Route.

Die in Abb. 17 mit blauen Pfeilen und roten Umrandungen markierten Stellen zeigen jeweils einen Ausschnitt mit einem hohen (linker Pfeil, linke Umrandung) und einem niedrigen (rechter Pfeil, rechte Umrandung) All Wert. Von diesen Stellen des Beutezuges wurden jeweils 3-4 Tauchgänge ausgeschnitten und separat dargestellt (Abb. 18). Es zeigt sich sehr deutlich, dass der Seehund bei Tauchgängen mit niedrigem All keine gerichtete Bewegung durchführt, sondern mehr oder weniger „auf der Stelle“ taucht (rechts), während der Seehund auf dem Rückweg zum Liegeplatz (links) in eine konstante Richtung schwimmt.

Im Vergleich zum Vorgängerprojekt MINOS wurden in diesem Projekt wesentlich mehr Daten erhoben und die Bewegungen der Seehunde können nun besser eingeschätzt werden. Bei Ansicht der Routen zeigt sich, dass die Seehunde in der Regel eine sehr gerichtete Phase am Anfang der Beutezüge haben, diese aber durchaus von kurzen Phasen mit ungerichteter Bewegung unterbrochen werden kann. Zudem zeigen die Daten, dass es keine konkret definierbaren Nahrungsgründe gibt, sondern dass die Seehunde sich vielmehr über ein sehr großes Gebiet verteilen. Innerhalb dieses Gebietes suchen sie nach Bereichen, in denen sich Beutetiere vermehrt aufhalten. An diesem Ort wird dann mehr oder weniger „auf der Stelle“ getaucht. Die Bewegungen zwischen solchen Orten mit hoher Nahrungsverfügbarkeit sind dann wieder sehr gerichtet. Orte mit hohen All Werten würden sich dementsprechend über das gesamte Verbreitungsgebiet verteilen.

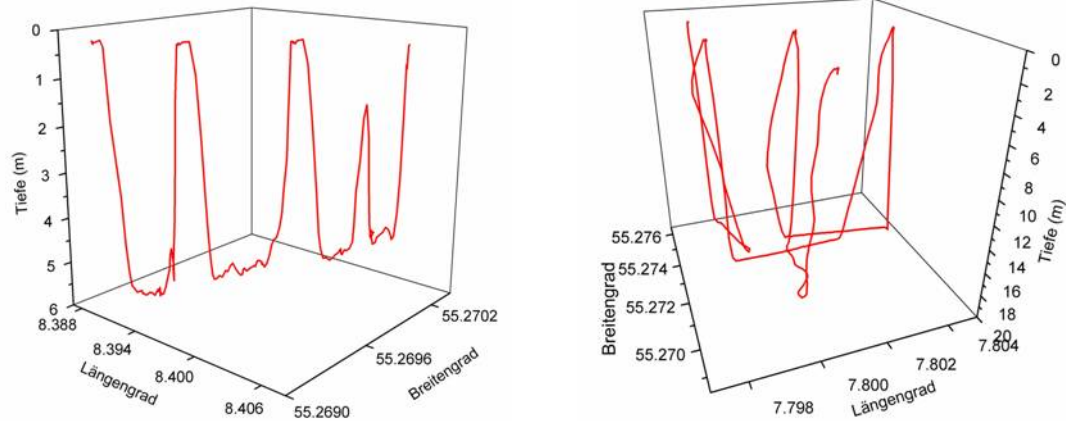


Abb. 18: Dreidimensionale Tauchprofile von Tauchgängen mit niedrigem (links) und hohem (rechts) All Werten.

2.1.2.6 Fressverhalten

Aufgrund der schon im Vorfeld beschriebenen Probleme mit den Kiefersensoren konnten nur wenige kurze Aufzeichnungen von den Kieferbewegungen der Seehunde gewonnen werden. Diese Aufzeichnungen bestätigen jedoch die in MINOS gewonnenen Erkenntnisse, dass für die Nahrungsaufnahme typische Muster nur während der Bodenphase zu sehen sind (Abb. 19). Deutlich zu sehen sind auch die kleinen Schwankungen in den Neigungswinkeln und der Tauchtiefe während der Bodenphase. Diese zeigen die Bewegungen des Seehundes, der nach Nahrung sucht und sie jagt. Aufgrund dieser kleinen Änderungen könnte auch ohne Kiefersensor eine grobe Erfassung der Nahrungsaufnahme möglich sein.

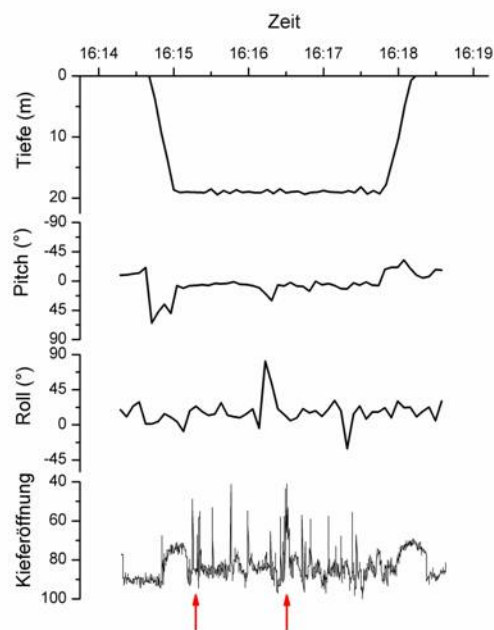


Abb. 19: Übersicht über Tiefe, Neigungswinkel (pitch und roll) und Maulöffnungswinkel während eines Tauchgangs. Für die Nahrungsaufnahme typische Muster sind mit einem roten Pfeil markiert.

2.2 Eingehende Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

- Datengrundlage

Gegenüber dem Vorgängerprojekt MINOS, in dem nur 17 Seehunde von dem Standort Lorenzenplate und 2 Tiere von Rømø untersucht und insgesamt 31 Routen analysiert werden konnten, wurde im vorliegenden Projekt die Datenbasis erheblich erweitert, indem insgesamt 73 Seehunde mit Fahrtenschreibereinheiten ausgerüstet werden konnten. Von den ausgebrachten Geräten wurden 55 entsprechend 75,3% zurück-erhalten. Die gute Wiederfundrate ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Ablösezeiten der Geräte so gelegt waren, dass diese zu Zeiten erfolgten, wenn vermehrt Touristen an den Stränden entlang gingen (z.B. um den Jahreswechsel herum). Weiterhin dürfte die verbesserte Information der Öffentlichkeit über das Projekt und die Rückgabemöglichkeit der Geräte eine Rolle gespielt haben. Eine sehr wichtiger Anreiz für die Rückgabe war auch der Hinweis auf den Geräten über die Auszahlung eines Finderlohns. Immerhin wurden die meisten Geräte durch Touristen gefunden.

Aber auch die verbesserte Auswertung der täglich eingehenden Positionsmeldungen der Satellitensender, die gezielte Suchaktionen ermöglichten, trug zur Steigerung der Wiederfundrate bei.

Die Datengrundlage wurde nicht nur durch die größere Zahl an ausgerüsteten Seehunden und die gesteigerte Wiederfundrate verbessert, sondern auch ganz wesentlich durch die Ausweitung des Untersuchungsgebietes mit einer Intensivierung des Standorts Rømø und der Einbeziehung von Helgoland als küstenfernen Hochseestandort.

Ein weiterer bedeutender Faktor ist in der technischen Verbesserung der Geräte durch eine erhöhte Speicherkapazität und eine bessere Abdichtung von Batterien und Elektronik gegen Wassereinträge zu sehen.

Erst in der letzten Projektphase konnte noch eine weitere Verbesserung erreicht werden und zwar eine Änderung in der Qualität der Halteschnur (siehe Material und Methoden). Zuvor war gelegentlich die an sich sehr stabile Halteschnur gerissen und dadurch das betreffende Gerät vorzeitig vom Seehund abgelöst worden, so dass nur eine kleine Datenmenge gespeichert werden konnte.

Probleme bereiteten zum Teil schlechte Witterungsbedingungen. Diese machten insbesondere am Standort Lorenzenplate des Öfteren eine Verschiebung der geplanten Ausrüsttermine notwendig. Im Herbst 2006 fiel wegen lang anhaltender Stürme sogar die geplante Ausrüstung auf der Lorenzenplate insgesamt aus. Dies hatte zur Folge, dass beim Vergleich zwischen Sommer und Winter proportional mehr Seehunde im Sommer ausgerüstet wurden.

- Routenberechnung

Als sehr problematisch erwies sich die aus dem Vorgängerprojekt übernommene Berechnung der Schwimmrouten der Seehunde. Nach eingehenden Beratungen mit dem Softwarehersteller, dem Geräteproduzenten und Prof. Koch von dem Institut der Informatik ergab sich, wie unter 3.1.1 dargestellt, die Lösung des Problems unter anderem durch eine nachträgliche Kalibration der Neigungswinkel, die allerdings nicht für alle Geräte aufgrund erstandener Defekte durchgeführt werden konnte. Hier konnten aber durch die Verwendung von aus dem gesamten Datensatz gemittelten Werten befriedigende Resultate erreicht werden.

- Routen und Haulout - Plätze

Die berechneten Routen bestätigen einerseits die bereits in dem Vorgängerprojekt MINOS gewonnene Erkenntnis, dass die Seehunde des Wattenmeeres ihre Nahrung fast ausschließlich Offshore, d. h. jenseits der 10 m Tiefenlinie im benthischen Bereich erbeuten (Adelung et al. 2004, Liebsch et al. 2006). Dies konnte auch für die Tiere von der dänischen Insel Rømø nachgewiesen werden und darf damit für den gesamten nordfriesische Wattenmeer als zutreffend angesehen werden. Dabei kann die 10–30 m

Tiefenzone als Hauptnahrungsgebiet angesehen werden. Allerdings beschränken sich die neuen Routen nicht nur auf die 10–30 m Tiefenzone als Nahrungsgebiet sondern gehen auch darüber hinaus.

Während es beim Projekt MINOS so schien, dass die Seehunde bei ihren Beutezügen hauptsächlich so genannte Hot Spots, d. h. relativ feste Nahrungsplätze im Offshore Bereich aufsuchen, zeigen die neuen Ergebnisse, dass sie einen wesentlich weiteren Bereich zur Beutesuche nutzen. Die Beutesuche ließ sich sowohl durch den Routenverlauf als auch durch das Tauchverhalten nachweisen. So weist der Area Interest Index (AII) im Nahrungsgebiet einen hohen Wert auf (vergl. Abb. 17), was ein längeres Verweilen in einem eng begrenzten Gebiet anzeigt. Kennzeichnend ist auch das u-förmige Tauchprofil, dessen ausgedehnte Bodenphase durch häufige Veränderungen der Neigungswinkel charakterisiert ist. Diese ergeben sich durch Körperwendungen bei der Nahrungssuche und Beuteaufnahme dicht über dem Meeresboden, was auch durch die Kiefersensoren nachgewiesen wurde. Diese zeigen ein Fressereignis durch Maulöffnung an (vgl. Abb. 19). Diese Ergebnisse bestätigen frühere Untersuchungen u.a. von Behrends (1985), Sievers (1989) und Tollit et al. (1998), dass die Seehunde zwar opportunistische Räuber sind, aber in erster Linie benthische Tiere erbeuten, wobei Plattfische die bevorzugte Nahrung darstellen wie Untersuchungen des Verdauungstrakts ergeben haben.

Die aufgesuchten Hauloutplätze liegen alle in den von Schwarz (1998) ermittelten küstennahen Gebieten. Allerdings müssen die Ergebnisse des Vorgängerprojekts relativiert werden. Diese wiesen auf eine relativ strenge Ortstreue zu den jeweiligen Hauloutplätzen hin. Die neuen Routenberechnungen und Satellitenpositionsdaten belegen jedoch, dass ein und dasselbe Tier oft mehrere Liegeplätze nutzt, die allerdings in der Regel nicht weit voneinander entfernt liegen.

Es konnten jedoch im Laufe der Untersuchung auch größere Ortsveränderungen aufgezeichnet werden. So schwammen mehrere Tiere von der Lorenzenplate nach Helgoland und verblieben dort über längere Zeit. Seehunde, die auf Rømø mit Geräten ausgerüstet wurden, führten zum Teil längere Wanderungen durch.

Im Vergleich mit den Beutezügen der Seehunde aus dem Küstenbereich, die durchschnittlich 4,6 und maximal 15,3 Tage betragen, aber auch stark vom Mittelwert abweichen konnten (Standardabweichung $\pm 3,8$ Tage, siehe auch Abb. 7), dauerten die Beutezüge der Helgoländer Seehunde im Mittel nur einen Tag und lediglich in einem Fall kehrte ein Seehund erst nach mehr als 8 Tagen zu seinem Liegeplatz zurück. Dies gilt auch für diejenigen Seehunde, die neu aus dem Wattenmeer nach Helgoland zugewandert waren. Das heißt, dass sich die Seehunde sehr schnell den jeweiligen lokalen Bedingungen anpassen können.

Wie bereits dargelegt verlassen die Seehunde aus dem Küstenbereich zur Nahrungssuche grundsätzlich das Wattenmeer und zwar unabhängig von der Jahreszeit. Im Offshore Bereich suchen sie vorwiegend in einer Entfernung zwischen 30 und 60 km von ihrem Liegeplatz entfernt nach Nahrung. Zum Teil entfernen sie sich aber auch bis zu 100 km und mehr.

Aus energetischen Gründen ist es sinnvoll, dass die Seehunde die Nahrungsgründe nicht täglich erneut aufsuchen und dabei viel Energie für die Hin- und Rückreise zu dem Liegeplatz investieren, sondern dass sie mehrere Tage im Nahrungsgebiet auf See verbleiben, dort über mehrere Tage reichlich Nahrung aufnehmen, bevor sie zu ihrem Liegeplatz zurückkehren. Diese Erkenntnis stimmt mit dem Vorgängerprojekt MINOS überein. Neu ist aber, dass die Seehunde zwischen den Serientauchgängen nicht nur kurze Ruhepausen von 10 bis 15 Minuten einlegen, sondern von Zeit zu Zeit auch mehrstündige Ruhephasen haben, bei denen sie vertikal regungslos im Wasser hängen und nur mit dem Kopf aus dem Wasser ragen. Die erhobenen Daten weisen aber kein regelmäßiges Muster von Beutetauchgängen und längeren Ruhephasen auf. Ebenfalls aus energetischen Gründen verbleiben sie nach ihrer Rückkehr auch mehrere Tage zur Ruhe an ihrem Liegeplatz.

Die Helgoländer Seehunde suchen dagegen meist nur in einem Radius von 25 Kilometern um die Insel herum nach Nahrung. Da hier wegen der kurzen Wege zu den Nahrungsgründen die energetischen Aufwendungen für Hin- und Rückweg gering sind, können diese Tiere täglich zwischen Nahrungsgebiet und Ruheplatz hin- und herschwimmen.

Eine Ausnahme von dem dargestellten Verhalten findet nur während der Wurf- und Aufzuchtzeit statt. Diese verbringen die weiblichen Tiere grundsätzlich auf den geschützten und ungestörten Liegeplätzen im Küstenbereich. So konnte anhand der Loggerdaten gezeigt werden, dass trächtige Weibchen kurz vor der Geburt ihres Jungen Helgoland verlassen und im ost- bzw. nordfriesischen Küstenbereich ihren Nachwuchs zur Welt bringen. Anschließend unternehmen die Mütter nur kurze Exkursionen von den Liegeplätzen aus. Die entsprechenden Tauchanalysen deuten darauf hin, dass sie in dieser Zeit keine nennenswerte Beute machen. Möglicherweise wird das durch die Fahrtenschreiber festgestellte kurze Schwimmen in erster Linie durch die Überflutung des Liegeplatzes durch die Tide bestimmt.

Die erhaltenen Daten genügen nach Ansicht der Autoren in ihrem Umfang, um den Status quo der Aktivitäten der Seehunde bewerten zu können und erlauben auch mit gebotener Vorsicht die Prognose, dass der Betrieb der geplanten Offshore-Anlagen vor der Schleswig-Holsteinischen Küste bei der derzeitigen Populationsgröße der Seehunde keine nachhaltigen negativen Auswirkungen haben wird.

Eine Verwertbarkeit der hier erzielten Ergebnisse auf andere Seegebiete wie z. B. vor Ostfriesland ist ohne eingehende experimentelle Prüfung jedoch nicht möglich, wohl aber die Anwendung der hier dargestellten Methoden.

2.3 Eingehende Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens aus dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Vorrangiges Ziel dieser Studie war es, den möglichen Einfluss bei der Errichtung und dem Bau der Offshore Windkraftanlagen auf das Verhalten der Seehunde zu untersuchen und zu bewerten. Da es bisher zu keiner Bautätigkeit im deutschen Bereich gekommen ist, muss u. a. zu einer entsprechenden Einschätzung auf die Ergebnisse dänischer Kollegen zurückgegriffen werden, die entsprechende Studien bei der Errichtung der Offshore Windparks in der Ostsee bei Nysted und Horns Rev in der Nordsee nahe Esbjerg durchgeführt haben. Die abschließenden dänischen Untersuchungen bei Horns Rev fanden im Rahmen eines Kooperationsvertrages unter Beteiligung unserer Arbeitsgruppe statt (Tougaard et al. 2006).

Die Anlage bei Nysted ist nur 10 km von Land entfernt und wurde 2003 in einer Tiefe von lediglich 5–10 m errichtet, also in einem Bereich, in dem Seehunde nach unseren Befunden nicht auf Nahrungssuche gehen. In unmittelbarer Nähe des Gebiets befindet sich das Robbenschutzgebiet Rødsand, ein Liegeplatz für Seehunde und Kegelrobben. An diesen Tieren wurde das Verhalten vor, während und nach der Errichtung der Windkraftanlage mit insgesamt 72 Windmühlen untersucht (Dietz et al. 2003). Hierzu wurden zu Beginn der Untersuchung 4 Seehunde und 6 Kegelrobben mit Satellitensendern ausgerüstet, die den Tieren auf den Kopf geklebt wurden. Diese Platzierung der Geräte hat zwar den Vorteil, dass man häufiger auch Positionsmeldungen der Tiere von See aus bekommt, aber es ist nicht auszuschließen, dass diese Platzierung das Verhalten der Tiere beeinflusst, da dadurch der Schwimmwiderstand deutlich erhöht wird (Orthmann 2000). Aus diesem Grunde wurden bei unseren Untersuchungen die Geräte, die allerdings auch deutlich größer sind, auf dem Rücken befestigt. Dadurch werden die Tiere zwar nicht nachweisbar beeinträchtigt (Orthmann 2000). Nachteilig ist jedoch dabei, dass von den Satellitensendern dann nur in Ausnahmefällen Positionen von See übertragen werden. Die Untersuchung von Dietz et al. (2003) zeigte, dass lediglich während der Bauphase ein Teil der Robben den bisherigen Liegeplatz vermied, sie aber nach Abschluss der Arbeiten wieder zurückkehrten. Ein Einfluss auf das Beuteverhalten konnte nicht festgestellt werden. Dies dürfte jedoch in erster Linie darauf zurückzuführen sein, dass das Windparkgebiet Nysted nicht in einem typischen Nahrungsgebiet der Seehunde errichtet wurde. Aus diesem Grunde sind die Verhältnisse nicht mit denjenigen der geplanten deutschen Offshore Anlagen vergleichbar und die dort erzielten Ergebnisse nicht übertragbar.

Etwas besser vergleichbar mit den Bedingungen der geplanten deutschen Anlagen ist der zweite dänische Offshore Windpark, Horns Rev. Dieser Windpark besteht aus 80 Anlagen, die 2002 errichtet und in Betrieb genommen wurden. Der Windpark befindet sich allerdings nur 14–20 km von der Küste von Blåvand / Jütland entfernt auf einem flachen Sandriff in 6–14 m Wassertiefe und unterscheidet sich damit ebenfalls von den geplanten deutschen Anlagen, die im Seegebiet vor Schleswig-Holstein mindestens 30 km von der Festlandsküste entfernt in einer Tiefe von mindestens 20–30 m Tiefe gegründet werden sollen.

Die nächst gelegenen Seehundliegeplätze zu Horns Rev sind Skallingen bei Blåvand und Rømø in 20 und 40 km Entfernung, wobei Skallingen nur temporär genutzt wird. Im Auftrag des dänischen Energiekonzerns und Betreibers des Horns Rev Windpark

Vattenfall A/S wurde von dänischen Kollegen (Tougaard et al. 2006) eine Untersuchung über mögliche negative Einflüsse des Baus und Betriebs des Windparks auf die Seehunde von Rømø von 2002 bis 2006 durchgeführt, an der wir ab 2004 im Rahmen einer Kooperation beteiligt waren. Im Zuge der Untersuchung wurden von dänischer Seite 21 Seehunde mit Satellitensendern ausgerüstet, die auf dem Kopf der Tiere befestigt waren. 24 Seehunde wurden ab 2003 mit dem Kieler Fahrtenschreibersystem bestückt. Die allein auf Satellitendaten beruhenden Ergebnisse ergaben, dass die Seehunde sich bis zu 300 km von ihrem Liegeplatz entfernen und auch in den deutschen und niederländischen Bereich wandern. Dies stimmt gut mit den von uns erhobenen Fahrtenschreiberergebnissen überein. Die vor dem Bau erhobenen dänischen Daten (Nørgaard 1996, Tougaard et al. 2003), die sowohl auf Satellitenpositionen als auch auf Funkpeilungen von auf Seehunden befestigten Radiosendern beruhen, weisen daraufhin, dass das Gebiet, in dem dann die Windfarm errichtet wurde zuvor von den Seehunden zur Nahrungssuche und auch als Transitgebiet zu anderen Nahrungsgründen genutzt wurde. Dass es sich dabei tatsächlich um ein Nahrungsgebiet gehandelt hat, erscheint jedoch auf Grund der geringen Tiefe nach unseren Befunden unwahrscheinlich, zumal sowohl die Radiosendertechnik als auch die Satellitensender nicht mit der erforderlichen Präzision liefern, um dieses Ergebnis zu validieren. Nach unseren Erkenntnissen wird ein so flaches Wasser, wie bereits erwähnt, nicht als wichtiges Nahrungsgebiet genutzt. Da aber um das Sandriff herum geeignete Tiefen vorhanden sind, ist es wahrscheinlicher, dass unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit der Positionsmessung die Seehunde dort nach Nahrung gesucht haben. Auch im dänischen Abschlussbericht wird daher dies Gebiet als zumindest kein bedeutendes Nahrungsgebiet für Seehunde bezeichnet.

Während der Bauphase konnte von dänischer Seite eine eindeutige Meidung des Baugebietes sowohl aufgrund der telemetrischen Bestimmungen als auch durch direkte Beobachtungen von Schiffen festgestellt werden. Nach Beendigung des Baus konnten während des Betriebs dagegen vereinzelt Seehunde im Windpark gesichtet werden. Hier handelt es sich wahrscheinlich um Tiere, die den Windpark querten, um zu entfernten Nahrungsgebieten zu schwimmen. Dass die im Windpark zur Vermeidung einer Auskolkung um die einzelnen Pylone herum eingebrachten Hartsubstrate als Biotop mit neuen Beutetieren von den Seehunden genutzt werden, ließ sich weder von den dänischen Kollegen noch durch uns nachweisen (Leonhard und Petersen 2006). Im Vergleich zu den von Seehunden genutzten Fressgebieten sind die neuen Hartsubstratbiotope flächenmäßig auch sehr klein, so dass es fraglich erscheint, ob sie für mehrere Seehunde genügend Beute bieten.

Dass keine grundsätzliche Meidung des in Betrieb befindlichen Windparks als Transitgebiet stattfindet, bestätigen auch unsere in Kooperation mit den dänischen Kollegen erhobenen Fahrtenschreiberdaten von Seehunden, die auf Rømø ausgerüstet wurden.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass die untersuchten Seehunde in einem weiten Offshore Bereich in mehrtägigen Beutezügen auf Nahrungssuche gehen und den Küstenbereich lediglich zur Ruhe und Aufzucht nutzen. Da jedoch insbesondere die Tiefenzone von 10 – 30 m zur Beutesuche genutzt wird, die meisten geplanten deutschen Windfarmen aber weiter entfernt liegen, erscheint ein negativer Effekt dieser Anlagen für die Seehunde wenig wahrscheinlich. Zwar schwimmen die Seehunde in Einzelfällen auch in diese Gebiete, aber hier darf davon ausgegangen werden, dass sie diese Bereiche ohne negative Folgen in Bezug auf die Nahrungsbeschaffung meiden können, falls diese sich z. B. wegen der Betriebsgeräusche als schädigend erweisen sollten. Einschränkend muss gesagt werden, dass sich diese Aussage auf die jetzige Populationsstärke der Seehunde bezieht. Wenn diese deutlich ansteigen sollte, ist es vorstellbar, dass die Nahrungsressourcen in der jetzt bevorzugten Tiefenzone nicht mehr ausreichen und die Tiere dann noch weiter seewärts ausweichen müssen.

Nach Kalkulationen von Reijnders (1992) aufgrund von Jagdstatistiken hat es im 18. Jahrhundert in dem gesamten Wattenmeergebiet ca. 39.000 Seehunde gegeben. Dies sind etwa doppelt so viele wie heute (CWSS, 2006). Dass der frühere Bestand in unserer Zeit mit Sicherheit nicht mehr erreicht werden dürfte, ist auf die intensive anthropogene Nutzung des Lebensraums Wattenmeer und der Nordsee zurückzuführen, insbesondere der Industriefischerei, die mit den Robben um die gleichen Beutetiere konkurriert. Da bereits 2001 die Seehundpopulation von 1976 an nach Einstellung der und dem Wirksamwerden der internationalen Schutzbestimmungen trotz einer Seehundepidemie auf 29.400 Tiere angestiegen war, bevor eine erneute Seehundstaupe 2002 den Bestand reduzierte, muss unter dem Vorbehalt, dass die Industriefischerei nicht weiter intensiviert wird, auch jetzt mit einem erneuten Anstieg der Population auf ca. 30.000 Tiere gerechnet werden. Da allerdings für das Jahr 2001 und die Zeit vorher keine belastbaren Routendaten von Seehunden existieren, kann auch nicht gesagt werden, ob die Seehunde seinerzeit vermehrt im Vergleich zu heute im Bereich jenseits der 30 m Tiefenzone gejagt haben.

Zu berücksichtigen ist auch, dass die sympatrisch lebenden Kegelrobben sich offenbar in ihrem Bestand erholen und zu einem späteren Zeitpunkt an der Schleswig-Holsteinischen Küste in Nahrungskonkurrenz zu den Seehunden treten könnten und dadurch die Seehunde zur Nahrungssuche in zur Zeit wenig genutzte Offshore – Nahrungsgebiete ausweichen müssen, wo sie dann vermehrt auf die Windfarmen treffen.

Wie die Untersuchungen von Nysted als auch von Horns Rev gezeigt haben, sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Schleswig-Holsteinischen Verhältnisse übertragbar. Vielmehr bedarf es hier einer sehr genauen Betrachtung der Versuchsbedingungen und des jeweiligen Seegebietes. Daher kann ohne Prüfung auch nicht von dieser Studie auf die ostfriesischen Verhältnisse geschlossen werden, zumal sich die dort geplanten Windenergieanlagen wesentlich näher an der Küste befinden als in Schleswig-Holstein.

2.4 Eingehende Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Bisher wurden die in dem Vorhaben erzielten Ergebnisse einmal in einer wissenschaftlichen Zeitschrift publiziert und dreimal auf internationalen wissenschaftlichen Kongressen vorgestellt. Bei der Publikation in der Zeitschrift „Deep Sea Research“ handelt es sich um allgemein interessierende methodische Aspekte.

Eine nicht begutachtete populärwissenschaftliche Publikation mit dem Titel „Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. MINOS - Marine warm-blooded animals in North and Baltic Seas“. Hrsg. v. Wollny-Goerke, Katrin & Eskildsen, Kai. Teubner, Wiesbaden, 2008, befindet sich zur Zeit im Druck.

Darüberhinaus wurden mehrere Vorträge zu dem Thema für die interessierte Öffentlichkeit gehalten (siehe Veröffentlichungen/Präsentationen).

Geplant sind mehrere Veröffentlichungen in begutachteten wissenschaftlichen Zeitschriften. Da jedoch die Vorbereitungen hierzu erst nach Abgabe dieses Endberichts beginnen, kann noch keine konkrete Zeitschrift oder ein Titel für die geplanten Artikel genannt werden.

3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Fazit der hier vorgelegten Ergebnisse ist, dass unter den derzeitigen Bedingungen keine Gefährdung der Seehunde in Schleswig–Holstein durch die Offshore-Windkraftanlagen gesehen wird, da die Ruheräume zu weit entfernt sind, als dass es hier zu einer Störung kommt. Auch die Nahrungsbeschaffung im Offshore-Bereich wird zur Zeit für unproblematisch gehalten, da die jetzigen Nahrungsplätze nicht oder nur peripher mit den geplanten Standorten der Windfarmen kollidieren und bei der jetzigen Population sowie einer moderaten Zunahme um 2.000 – 3.000 Tiere genügend Ausweichmöglichkeiten für die Seehunde zur Verfügung stehen dürften. Bei einer weiteren Zunahme kann allerdings keine Aussage gemacht werden, insbesondere weil sich mögliche negative synergistische Effekte der Windfarmen mit der Industriefischerei nicht einschätzen lassen.

Voraussetzung für das gemachte Fazit ist, dass der Bestand an Kegelrobben in den nächsten Jahren nur moderat ansteigt, da es sonst zu einer zwischenartigen Konkurrenz kommen kann, welche die Seehunde zu einer deutlichen Ausweitung ihrer

derzeitigen Nahrungsgebiete seewärts zwingen könnte. Eine Erforschung des Verhaltens der wieder vermehrt in Schleswig-Holstein heimisch gewordenen Kegelrobbe auf See erscheint daher sehr empfehlenswert.

Aus den genannten Gründen ist eine Übertragung der hier vorgelegten Ergebnisse auf andere Bereiche nur bedingt möglich. Daher wird außerdem empfohlen, das Verhalten der ostfriesischen Seehunde auf See genau zu untersuchen, unter anderem deswegen, weil hier die geplanten Offshore – Windanlagen küstennäher liegen als in Schleswig-Holstein.

4 Danksagung

Die Untersuchungen konnten nur durch die Mithilfe zahlreicher freiwilliger Helfer beim Seehundfang und dem engagierten Einsatz bei der Konstruktion, dem Bau und dem Test der Telemetriegeräte erfolgreich durchgeführt werden. Unser Dank gebührt folgenden Personen, Einrichtungen und Firmen:

- Dem Projektträger Jülich (PTJ) für die Projektbetreuung und unbürokratische Genehmigung bei den im Projektablauf notwendig gewordenen Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Arbeitsplan.
- dem Amt für Ländliche Räume in Husum, das zwei Boote und eine sehr einsatzbereite Besatzung zur Verfügung stellte und damit den Fang der Seehunde auf der Lorenzenplate erst ermöglichte,
- dem Nationalparkamt, das einmal als Partner im Verbundprojekt die Arbeiten unterstützt und koordiniert, und zum anderen gemeinsam mit der Nationalparkservice GmbH sehr erfahrene Seehundfänger stellte, allen voran Dr. Borchardt, Herrn Hildebrandt und Dr. Meurs,
- dem Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) der Universität Kiel unter Leitung von Frau Dr. U. Siebert für die Durchführung der veterinärmedizinischen Untersuchungen zum Gesundheitszustand der gefangenen Seehunde,
- dem Team der GKSS unter der Leitung von Prof. Prange,
- Herrn Dr. K. Abt und den zahlreichen Diplomanden und Doktoranden des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften, die sich für den Fang unentgeltlich als Hilfskräfte zur Verfügung stellten, insbesondere danken wir aber Frau M. Kierspel für ihren unermüdlichen und ideenreichen Einsatz bei allen technischen Arbeiten während der Vorbereitung und dem Fang der Seehunde,
- der Seehundstation Friedrichskoog unter der Leitung von Frau T. Rosenberger für die unersetzliche Mitwirkung beim Fang der Seehunde und dafür, dass die

trainierten Tiere der Station für die Erprobung der Geräte zur Verfügung gestellt wurden,

- der Firma Driesen und Kern mit Herrn J.U. Voigt, die die Elektronik und Sensoren der Telemetriegeräte als Prototypen entwickelten und stets bei Problemen mit der Technik weitergeholfen und Lösungen gefunden haben,
- der Werkstatt der Technischen Fakultät der Christian – Albrechts – Universität zu Kiel für die aufwändige Herstellung wasserdichter Batteriegehäuse,
- und nicht zuletzt Herrn J. Lage für die erfolgreiche Zusammenarbeit bei der Entwicklung und Anpassung der verwendeten Software, ohne die eine zeitgerechte Durchführung des Vorhabens nicht möglich gewesen wäre.

5 Veröffentlichungen/Präsentationen

Müller, G. and Adelung, D. (2007) Helgoland – Ein Paradies für Seehunde? Vortrag bei den Helgoländer Vogeltagen. 11.-13. Oktober, Helgoland, Deutschland

Müller, G. and Adelung, D. (2007) Harbour seals, wind farms, and dead reckoning: Experiences from the German Wadden Sea. Marine mammals and wind farms workshop. Vortrag bei der 21th conference of the European Cetacean Society. 22.-25. April, San Sebastian, Spanien

Müller, G. (2007) Die Erforschung von Seehunden aus dem Wattenmeer. Vortrag im Tierpark Neumünster. 5. März, Deutschland

Müller, G. (2006) Abgetaucht ist nicht gleich untergetaucht – Die Erforschung von Seehunden aus dem Wattenmeer. Vortrag bei den 9. Maasholmer Meereskundlichen Vorträgen. 13. Juni, Naturerlebniszentrum Maasholm, Deutschland

Müller, G., Liebsch, N., Adelung, D., and Wilson, R.P. (2007) Pitch and roll: What do they tell us about the diving behaviour of seals. Poster Präsentation bei der 21th conference of the European Cetacean Society. 22.-25. April, San Sebastian, Spanien

Müller, G., Adelung, D., and Liebsch, N. (2006) From long and deep to short and shallow: How a harbour seal pup influences the diving behaviour of its mother. Poster Präsentation bei der 20th conference of the European Cetacean Society. 2.-7. April, Gdynia, Polen

- Müller, G., Wilson, R.P., Liebsch, N., and Adelung, D. (2005) Location and timing of haul-outs of individual harbour seals (*Phoca vitulina*) from the German and Danish Wadden Sea. Poster Präsentation bei der 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 12.-16. Dezember, San Diego, Kalifornien
- Müller, G., Adelung, D. and Liebsch, N. (im Druck): Determination of space and depth utilization of the Wadden Sea and adjacent offshore areas by Harbour seals (*Phoca vitulina*) in: Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. MINOS - Marine warm-blooded animals in North and Baltic Seas. Hrsg. v. Wollny-Goerke, Katrin & Eskildsen, Kai. Teubner, Wiesbaden
- Wilson, R.P, Liebsch, N., Davies, I.M., Quintana, F., Weimerskirch, H., Storch, S., Lucke, K., Siebert, U., Zankl, S., Müller, G., Zimmer, I., Scolaro, A., Campagna, C., Plötz, J., Bornemann, H., Teilmann, J. and McMahon, C.R. (2007) All at sea with animal tracks; methodological and analytical solutions for the analysis of movement. *Deep Sea Research II* 54:193-210

6 Literaturverzeichnis

- Adelung, D., N. Liebsch and R.P. Wilson (2004): in MINOS Endbericht (2004): Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee: Grundlagen zur Bewertung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich. Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Bd. 2, 335-418
- Bannasch, R., Wilson, R. P., Culik, B. (1994): Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental Biology* 194: 83-96
- Behrends, G. (1985): Zur Nahrungswahl von Seehunden (*Phoca vitulina*) im Wattenmeer Schleswig-Holsteins. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 31, 3-14
- Caruso, M. J. (2000): Applications of Magnetic Sensors for low cost compass systems. Honeywell SSEC: 8.
- Culik, B. M., Bannasch, R. & Wilson, R. P. (1994): External devices on penguins: How important is shape? *Marine Biology* 118:353-357
- CWSS (2006): Common Seals in the Wadden Sea in 2006: Puzzling Results. Wadden Newsletters 2006-1. www.waddensea-secretariat.org
- Dietz, R., J. Teilmann, O.D. Hendriksen, and K. Laidre (2003): Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. Relative importance of the Nysted Offshore Wind Farm area to the seals. NERI Technical Report No. 429.

Internetversion:

http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/_fagrapporter/rapporte/FR429.pdf

- Jeffries, S.J., R. F. Brown and J.T. Harvey (1993): Techniques for capturing, handling and marking seals. *Aquatic mammals* 19: 21-25
- Leonhard S.B and J. Petersen (2006): Benthic communities at Horns Rev before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S Bio/Consult, Aarhus, Denmark
- Liebsch, N (2006): Hanking back to ancestral pasts: constraints on two pinnipeds, *Phoca vitulina* & *Leptonychotes weddellii* foraging from central place. Diss. Univ. Kiel
- Liebsch, N., R.P. Wilson and D. Adelung (2006): Utilisation of time and space by Harbour seals (*Phoca vitulina vitulina*) determined by new remote sensing methods. In: *Progress in Marine Conservation in Europe*, edited by H. von Nordheim, D. Boedeker, and J. Krause. Springer. P 179-188
- Mitani, Y., Sato, K., Shinichiro, I., Cameron, M. F., Siniff, D. B., Naito, Y. (2003): A method for reconstructing three-dimensional dive profiles of marine animals using geomagnetic intensity data: results from two lactating Weddell seals. *Polar Biology*
- Nørgaard, N. (1996): Haul-out behaviour, movements, foraging strategies and population estimates of harbour seals *Phoca vitulina* in the Danish WaddenSea. PhD. Thesis. University of Aarhus 1996
- Obrecht, H. H. III, Pennycuik, C. J., Fuller, M. R. (1988): Wind tunnel experiments to assess the effect of back-mounted radio transmitters on bird body drag. *Journal of Experimental Biology* 135: 265-273
- Orthmann, T. (2000): Telemetrische Untersuchungen zur Verbreitung, zum Tauchverhalten und zur Tauchphysiologie von Seehunden (*Phoca vitulina vitulina*) des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres. PhD-Thesis, Christian-Albrechts-University Kiel
- Peschko, V. und Neef, K. (2006): Investigations on area use of harbour seals (*Phoca vitulina*) and on data accuracy using the Argos system. Semesterarbeit, Christian Albrechts-Universität Kiel (siehe Anhang)
- Reijnders, P.J.H. (1992b): Retrospective population analysis and related future management perspectives for the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Wadden sea. In: N Dankers, C.J. Smit & M. Scholl (eds), *Proceedings of the 7th International WaddenSea Symposium*, Ameland, The Netherlands, 22-26 Oct. 1990. Netherlands Institute for Sea Research, Publication Series 20: 193-197

- Sato, K., Mitani, Y., Cameron, M. F., Siniff, D. B., Naito, Y. (2003): Factors affecting stroking patterns and body angle in diving Weddell seals under natural conditions. *Journal of Experimental Biology* 206: 1461-1470
- Schröder, J. (2007): Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Bestimmung von Beutezügen des Seehundes (*Phoca vitulina vitulina*) anhand von Satellitensendern. Semesterarbeit, Christian Albrechts-Universität Kiel (siehe Anhang)
- Schwarz, J. (1998): Seehunde und Kegelrobben. In *Umweltatlas Wattenmeer*, Bd. 1, Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer, S. 132-133, Hrg. Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer u. Bundesumweltamt. Ulmer – Verlag 1998
- Sievers, U. (1989): Nahrungsökologische Untersuchungen an Seehunden (*Phoca vitulina*, Linne 1758) aus dem schleswig-holsteinischen Wattenmeer. *Zoologischer Anzeiger* 222: 249-260
- Simeone, A., Wilson, R. P. (2003): In depth studies of Magellanic foraging behaviour: Can we estimate prey consumption by perturbations in the profile? *Marine Biology* 143: 825-831
- Tollit, D. J., Black, A. D., Thompson, P. M., Mackay, A., Corpe, H. M., Wilson, B., Van Parijs, S. M., Grellier, K., Parlange, S. (1998): Variations in harbour seal *Phoca Vitulina* diet and dive-depths in relation to foraging habitat. *Journal of Zoology* 244: 209 – 222 (Part 2)
- Tougaard, J., Ebbesen, I., Tougaard, S., Jensen, T. and Teilmann, J. (2003): Satellite tracking of harbour seals on Horns Reef. Technical report to Techwise A/S, Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum, Esbjerg. No. 3
- Tougaard, J., J. Teilmann and Tougaard, S. (2008): Harbour seal spatial distribution estimated from Argos satellite telemetry: overcoming positioning errors. *Endangered Species Research*, Vol 4; 113 - 122
- Tougaard, S. Tougaard, R.C. Jensen, Th. Jensen. and J. Teilmann, D. Adelung, N. Liebsch and G. Müller (2006): Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm; Final report to Vattenfall A/S. Biological papers from the Fisheries and Maritime Museum, No. 5, Esbjerg, Denmark. Available at www.hornsrev.dk
- Umweltatlas Wattenmeer* (1998) Hrsg. Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und Umweltbundesamt, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, Bd. 2
- Wilson, R. P. & Culik, B. M, (1992): Packages on penguins and device-induced data. In: Priede, I. M. & Swift S. M. *Wildlife Telemetry: Remote monitoring and tracking of animals*. Pp. 573-580. Ellis Howard, Chichester, UK

- Wilson, R. P. , Puetz, K., Bost, C. A., Culik, B. M., Bannasch, R., Reins, T. Adelung, D. (1993): Diel dive depth in penguins in relation to diel vertical migration of prey: Whose dinner by candlelight? *Marine Ecology Progress Series* 94: 101-104
- Wilson, R. P., Grémillet, D., Syder, J., Kierspel, M. A. M., Garthe, S., Weimerskirch, H., Schäfer-Neth, C., Scolaro, J. A., Bost, C.-A., Plötz, J., Nel, D. (2002): Remote-sensing systems and seabirds: Their use and abuse and potential for monitoring marine environmental variables? *Marine Ecology Progress Series* 228: 241-261
- Wilson, R. P. & Liebsch, N. (2003): Up-beat motion in swinging limbs; new insights into assessing movement in free-living aquatic vertebrates. *Marine Biology* 142: 537-547
- Wilson, R. P., Scolaro, J. A., Grémillet, D., Kierspel, M. A. M., Laurenti, S., Upton, J., Gallelli, H., Quintana, F., Frere, E., Müller, G., Thor Straten, M., Zimmer, I., Stark, D. (2005): Life at the limits: How do Magellanic Penguins cope with prey variability over the species distributional range? *Ecological Monographs* 75: 379-401

7 Anhang

- Tabellarische Übersichten zu den biologischen Daten der Seehunde sowie der eingesetzten Geräte für alle Ausrüstungsaktionen
- Semesterarbeit von Jendrik Schröder (2007) mit dem Titel: Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Bestimmung von Beutezügen des Seehundes (*Phoca vitulina vitulina*) anhand von Satellitensendern
- Semesterarbeit von Verena Petschko und Kristina Neef (2006) mit dem Titel: Investigations on area use of harbour seals (*Phoca vitulina*) and on data accuracy using the Argos system

1.1 Anhang 1 – Übersicht über alle Ausrüstungsaktionen

LORENZENPLATE

Fangaktion 25. August 2004

Code	FTZ ID	Fahrten- schreiber	PTT ID	Imasen	Sex (m/w)	Trächtig- keit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 08.04.-1	Pv 2687	361	47745	168	m	-	84	170	n.a.	n.a.
LP 08.04.-2	Pv 2693	368	47747	161	m	-	60	160	-	-
LP 08.04.-3	Pv 2691	370	47748	163	w	n.a.	55	150	n.a.	Nördl. Göteborg

Fangaktion 2. Dezember 2004

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtig- keit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 12.04.-1	Pv 2818	372	47756	150	m	-	88	177	-	-
LP 12.04.-2	Pv 2822	197	47760	164	m	-	>100	176	15.05.2005	Pellworm
LP 12.04.-3	Pv 2825	198	47755	166	w	n.a.	84	174	n.a.	Pellworm
LP 12.04.-4	Pv 2828	201	47763	167	w	n.a.	73	160	12.04.2005	Hvide Sande, DK
LP 12.04.-5	Pv 2826	187	47751	176	m	-	76	170	-	-
LP 12.04.-6	Pv 2830	361	47749	226	w	n.a.	75	152	16.12.2004	Hallig Hooge

Fangaktion 12. April 2005

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 04.05.-1	Pv 2896	212	47761	-	m	-	81	175	28.07.2005	Uelvesbüll
LP 04.05.-2	Pv 2880	210	47754	-	w	n.a.	98	150	07.11.2007	Westerhever Sand
LP 04.05.-3	Pv 2895	218	47752	-	w	n.a.	71	160	-	-
LP 04.05.-4	Pv 2890	205	47753	-	m	-	42	150	21.07.2005	Nordstrand
LP 04.05.-5	Pv 2887	375	47762	247	m	-	96	180	25.07.2005	Uelvesbüll
LP 04.05.-6	Pv 2877	370	47743	234	m	-	91	150	-	-
LP 04.05.-7	Pv 2883	203	47742	237	m	-	93	174	20.07.2005	Nordstrand
LP 04.05.-8	Pv 2893	216	47741	149	m	-	71	164	17.07.2005	Westerhever Sand

Fangaktion 12. Oktober 2005

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 10.05.-1	Pv 3167	212	55288	218	m	-	81	197	31.10.2005	Grærup, DK
LP 10.05.-2	Pv 3169	219	47749	245	w	n.a.	36,5	148	-	-
LP 10.05.-3	Pv 3163	211	47744	219	w	n.a.	73	174	4.11.2005	Japsand
LP 10.05.-4	Pv 3158	373	47748	168	m	-	64	159	03.11.2005	Amrum
LP 10.05.-5	Pv 3170	369	47763	226	m	-	39	125	26.10.2005	Nordstrand

Fangaktion 19. April 2006

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 04.06.-1	Pv 3306	194	47755	-	m	-	n.a.	165	23.06.2006	Sylt
LP 04.06.-2	Pv 3309	192	47758	-	m	-	85	158	Okt. 2006	n.a.
LP 04.06.-3	n.a.	202	47759	-	w	ja	n.a.	164	05.07.2006	Pellworm
LP 04.06.-4	Pv 3305	385	47760	-	w	n.a.	75	165	-	-
LP 04.06.-5	Pv 3311	220	47761	-	m	-	80	170	12.07.2006	Westerhever Sand
LP 04.06.-6	Pv 3316	205	37458	236	m	-	96	175	26.06.2006	Pellworm
LP 04.06.-7	Pv 3313	217	47762	218	w	n.a.	52	145	21.06.2006	Sylt
LP 04.06.-8	Pv 3307	386	37461	243	m	-	95	170	08.07.2006	Amrum

Fangaktion 13. März 2007 (Diese Daten wurden in dem vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt)

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
LP 03.07.-1	Pv 3678	207	47740	-	m	-	44	136	-	-
LP 03.07.-2	Pv 3688	230	47745	-	m	-	82	160	17.07.2007	Simonsberg
LP 03.07.-3	Pv 3681	231	47748	-	m	-	93	170	16.07.2007	Skallingen, DK
LP 03.07.-4	Pv3680	232	55291	-	m	-	94,5	170	04.09.2007	Trischen
LP 03.07.-5	Pv 3682	235	55295	-	m	-	98	180	05.07.2007	St. Peter-Ording
LP 03.07.-6	Pv 3683	369	47761	-	w	n.a.	48	137	28.06.2007	Rømø, DK
LP 03.07.-7	Pv 3690	384	47753	-	w	n.a.	85	166	28.06.2007	Skallingen, DK
LP 03.07.-8	Pv 3677	386	47741	-	m	-	91	165	-	-

HELGOLAND

Fangaktion 13. April 2005

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
HE 04.05.-1	-	361	55286	-	w	ja	101	178	11.09.2005	Cappel-Neufeld
HE 04.05.-2	-	217	47758	-	w	ja	98	155	Aug. 2005	n.a.

Fangaktion 27. September 2006

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
HE 09.05.-1	Pv 3172	216	47757	177	m	-	74	168	-	-
HE 09.05.-2	Pv 3174	386	47759	215	m	-	75	169	09.10.2005	Minsener Oog
HE 09.05.-3	Pv 3175	209	47745	216	m	-	67	163	02.10.2005	Helgoland

Fangaktion 10. April 2006

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
HE 04.06.-1	Pv 3287	212	47740	-	m	-	55	142	09.10.2005	Meldorfer Bucht
HE 04.06.-2	Pv 3289	375	47742	-	m	-	95-100	155	-	-
HE 04.06.-3	Pv 3294	210	47745	-	m	-	53	144	01.09.2006	Tetenbüll
HE 04.06.-4	n.a.	209	47748	-	w	ja	n.a.	n.a.	10.11.2006	Helgoland
HE 04.06.-5	Pv 3292	203	37456	219	m	-	84	170	08.07.2006	Norderoog Sand
HE 04.06.-6	Pv 3295	221	57622	216	m	-	96	170	01.08.2006	Helgoland
HE 04.06.-7	Pv 3288	373	37457	222	m	-	95	160	03.07.2006	Föhr
HE 04.06.-8	Pv 3296	361	47753	-	m	-	53	145	23.05.2006	Sylt

Fangaktion 26. September 2006

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
HE 09.06.-1	Pv 3562	207	47741	167	m	-	73,5	160	26.11.2006	Ameland, NL
HE 09.06.-2	Pv 3565	211	47744	218	m	-	69	165	n.a.	n.a.
HE 09.06.-3	Pv 3566	223	47753	219	m	-	71	165	Dez. 2006	Langeness
HE 09.06.-4	Pv 3561	232	47759	-	m	-	73,5	160	02.01.2007	Schlüttsiel
HE 09.06.-5	Pv 3564	373	47761	-	m	-	73	165	Jan. 2007	Rømø, DK

RØMØ

Fangaktion 13. April 2004

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 04.04.-1	Pv 2509	371	47743	151	m	-	85	170	n.a.	n.a.
DK 04.04.-2	Pv 2510	376	47759	152	m	-	86	170	02.08.2004	Rømø, DK
DK 04.04.-3	Pv 2508	377	47750	155	m	-	95	172	-	-

Fangaktion 18. September 2004

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 09.04.-1	Pv 2707	376	47754	149	m	-	64	149	03.01.2005	Vollerwiek
DK 09.04.-2	Pv 2710	193	47746	224	m	-	81	180	-	-
DK 09.04.-3	Pv 2701	384	47740	148	m	-	n.a.	148	26.03.2005	Vlieland, NL
DK 09.04.-4	Pv 2706	372	47741	164	m	-	82	175	07.11.2004	Helgoland
DK 09.04.-5	Pv 2705	375	47744	165	m	-	66	155	29.12.2004	Fanø, DK
DK 09.04.-6	Pv 2704	385	47742	169	m	-	69	173	n.a.	n.a.

Fangaktion 7. November 2004

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 11.04.-1	n.a.	199	37460	154	m	-	92	176	-	-
DK 11.04.-2	n.a.	200	37463	152	m	-	85	154	-	-

Fangaktion 19. März 2005

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 03.05.-1	Pv 2875	191	55289	233	m	-	83	157	-	-
DK 03.05.-2	Pv 2868	195	55294	220	m	-	81	166	-	-
DK 03.05.-3	Pv 2872	196	55287	165	m	-	96	175	-	-
DK 03.05.-4	Pv 2873	214	55293	239	m	-	87	172	-	-
DK 03.05.-5	Pv 2870	209	55290	244	m	-	91	178	15.07.2005	Sylt
DK 03.05.-6	Pv 2869	186	55291	241	m	-	91	170	15.07.2005	Fanø, DK
DK 03.05.-7	Pv 2874	194	55295	243	m	-	104	168	09.08.2005	Langeness
DK 03.05.-8	Pv 2871	215	55292	240	m	-	105	184	-	-

Fangaktion 26. November 2005

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 11.05.-1	Pv 3186	211	47740	218	w	n.a.	82	156	17.01.2006	Rømø, DK
DK 11.05.-2	Pv 3185	369	47741	219	m	-	47	127	22.02.2006	Nymindesø, DK

Fangaktion 6. Mai 2006

Code	FTZ	FS	PTT	Imasen	Sex (m/w)	Trächtigkeit	Gewicht (Kg)	Länge (cm)	Funddatum	Fundort
DK 05.06.-1	Pv 3329	207	47744	148	m	-	40	n.a.	23.06.2006	Fanø, DK
DK 05.06.-2	Pv 3330	223	55286	163	m	-	35	130	26.07.2006	Rømø, DK
DK 05.06.-3	Pv 3331	226	55288	166	m	-	37	133	10.07.2006	Thorsminde, DK
DK 05.06.-4	Pv 3332	231	55290	167	m	-	38	120	13.07.2006	Amrum

1.2 Anhang 2 – Semesterarbeiten (Anlage)

Peschko, V. und Neef, K. (2006): Investigations on area use of harbour seals (*Phoca vitulina*) and on data accuracy using the Argos system. Semesterarbeit, Christian Albrechts-Universität Kiel

Schröder, J. (2007): Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Bestimmung von Beutezügen des Seehundes (*Phoca vitulina vitulina*) anhand von Satellitensendern. Semesterarbeit, Christian Albrechts-Universität Kiel

Semesterarbeit



**Entwicklung und Anwendung einer Methode zur
Bestimmung von Beutezügen des Seehundes
(*Phoca vitulina vitulina*) anhand von Satellitensendern**

Jendrik Schroeder

Kiel 2007

I Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Abstract.....	1
1.2 Allgemeine Informationen zum Seehund (<i>Phoca vitulina</i>).....	2
2. Material & Methoden.....	4
2.1 Verwendete Geräte.....	4
2.1.1 Fahrtenschreiber.....	4
2.1.2 Satellitensender (PTT).....	5
2.1.3 Auftriebskörper mit Messinstrumenten.....	6
2.1.4 Neoprentasche für Auftriebskörper.....	6
2.1.5 Untersuchungsgebiet.....	7
2.2 Entwicklung der Signalzählmethode (SZM).....	7
2.2.1 Vermessung von Beutezügen mit MT DIVE.....	7
2.2.2 Rohdaten des Satellitensenders.....	9
2.2.3 Erstellung von Signalmatrizen.....	9
2.2.4 Berechnung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST).....	10
2.2.5 Vergleich von Satelliten- (SD) und Loggerdaten (LD).....	10
2.2.6 Signalzählmethode.....	10
2.2.7 Bestimmung von Beutezügen mit der Signalzählmethode.....	11
2.2.8 Anwendung der Signalzählmethode.....	12
2.2.8.1 Zuordnungen von Beutezügen und deren Klassifizierung.....	12
2.2.8.2 Abweichungen der Signalzählmethode im Speziellen und Allgemeinen.....	12
2.2.8.3 Typen <i>nicht richtig erfasster</i> Beutezüge.....	13
2.2.8.3.1 <i>nicht erfasster</i> Beutezug.....	13
2.2.8.3.2 <i>fehlerhaft erfasster</i> Beutezug.....	14
2.2.8.3.3 <i>unterteilter</i> Beutezug [1 LD = x SD].....	14
2.2.8.3.4 <i>zusammenhängender</i> Beutezug [1 SD = x LD].....	15
3. Ergebnisse.....	16
3.1 Wirksamkeit der Signalzählmethode.....	16
3.1.1 <i>richtig erfasste</i> Beutezüge.....	16
3.1.2 <i>nicht erfasste</i> Beutezüge.....	18
3.1.2 <i>fehlerhafte erfasste</i> Beutezüge.....	18

3.1.4	<i>unterteilte</i> Beutezüge [1 LD = x SD].....	19
3.1.5	<i>zusammenhängende</i> Beutezüge [1 SD = x LD].....	20
3.1.6	Prozentuale Verteilung der bestimmten Beutezüge auf die Klassifizierungen der Signalzählmethode.....	21
3.2	Vergleich von individueller durchschnittlicher (IDST) und durchschnittlicher Signalanzahl pro Tag (DST) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode.....	22
3.2.1	Berechnung individueller durchschnittlicher Signalanzahlen pro Tag.....	22
3.2.2	Vergleich des prozentualen Anteils <i>richtig erfasster</i> Beutezüge bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag.....	23
3.2.3	Vergleich des prozentualen Anteils <i>richtig erfasster</i> Beutezüge bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag.....	24
3.3	Analyse der Beutezugdauer (BZD) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode.....	24
3.3.1	Dauer tatsächlicher Beutezüge Beutezügen.....	24
3.3.2	Dauer <i>nicht erfasster</i> Beutezüge.....	25
3.4	Analyse der durchschnittlichen Beutezugdauer (DBZD) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode.....	26
3.4.1	individuelle durchschnittliche Beutezugdauer (IDBZD).....	26
3.4.2	durchschnittliche Beutezugdauer (DBZD).....	27
3.4.2.1	durchschnittliche Beutezugdauer <i>richtig erfasster</i> [DBZD(RE)] und <i>nicht erfasster</i> Beutezüge [DBZD(NE)].....	28
3.4.2.2	durchschnittliche Beutezugdauer <i>fehlerhaft erfasster, unterteilter und zusammenhängender</i> Beutezüge.....	28
3.5	Analyse der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat (DBZAM) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode.....	29
3.6	Anwendung der Signalzählmethode auf den 2. Datensatz.....	30
3.6.1	Berechnung von individuellen durchschnittlichen Signalanzahlen pro Tag (IDST) und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST).....	30
3.6.2	Berechnung der durchschnittlichen Beutezugdauer (DBZD).....	31
3.6.3	Berechnung der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat (DBZAM).....	32
3.6.4	Werkzeuge zur kritischen Überprüfung der mit der Signalzählmethode gewonnenen Ergebnisse.....	33

3.6.4.1	Werkzeug 1: Verteilung des 1. Datensatzes.....	33
3.6.4.2	Werkzeug 2: Extremwertanalyse.....	33
3.6.4.3	Werkzeug 3: Beutezugsignalanalyse	34
3.6.4.4	Werkzeug 4: Gezeitenkalender.....	35
3.6.5	Prozentualer Anteil <i>richtig erfasster</i> und <i>nicht richtig erfasster</i> Beutezüge des 2. Datensatzes nach Anwendung der Werkzeuge zur kritischen Überprüfung.....	36
4.	Diskussion.....	37
5.	Zusammenfassung.....	42
6.	Fazit.....	43
7.	Literaturverzeichnis.....	44
8.	Anhang	

Im Zuge dieser Arbeit war es notwendig mit einer großen Zahl von Abkürzungen zu arbeiten. Um die darüber entstehende Verwirrung möglichst gering zu halten sind in diesem Verzeichnis die Abkürzungen beschrieben. Die Abkürzungen sind innerhalb von Sinnzusammenhängen alphabethisch geordnet.

Abkürzungsverzeichnis

A = Abweichung der Signalzählmethode [Tage]

A (0,5 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 0.5 Tagen erfasst wurden

A (1 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 1 Tag erfasst wurden

A (2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 2 Tagen erfasst wurden

A (>2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von über 2 Tagen erfasst wurden

AUM = Anzahl untersuchter Monate

AUT = Anzahl untersuchter Tage

BZA = Beutezuganzahl

r.e. BZ = richtig erfasste Beutezüge [Anzahl]

n.r.e = nicht richtig erfasste Beutezüge [Anzahl]

n.e. BZ = nicht erfasste Beutezüge [Anzahl]

f.e. BZ = fehlerhaft erfasste Beutezüge [Anzahl]

u.t. BZ = unterteilte Beutezüge [Anzahl]

z.h. BZ = zusammenhängende Beutezüge [Anzahl]

% (...) = prozentualer Anteil eines Wertes am Gesamtwert

BZ Nr (ID) = Beutezug Nummer eines untersuchten Individuums

BZD = Beutezugdauer [Tage]

DBZD = durchschnittliche Beutezugdauer [Tage]

DBZAM = durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat

DST = durchschnittliche Signalanzahl pro Tag

Steht hinter diesen Abkürzungen eine 1 beziehen sie sich auf den 1. Datensatz.

Steht hinter diesen Abkürzungen eine 2 beziehen sie sich auf den 2. Datensatz.

DK = bezeichnet die Individuen, die auf der Insel Römö markiert wurden

LP = bezeichnet die Individuen, die auf der Lorenzenplate markiert wurden

MT DIVE = Software zur Vermessung von Beutezügen anhand von Loggerdaten

LD = Loggerdaten

SD = Satellitendaten

IA = individuelle Abweichung der Signalzählmethode [Tage]

IDBZD = individuelle durchschnittliche Beutezugdauer [Tage]

IDBZAM = individuelle durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat

IDST = individuelle durchschnittliche Signalanzahl

ST = Signalanzahl pro Tag

SZM = Methode zur Bestimmung von Beutezügen mit Satellitendaten

1. Einleitung

1.1 Zusammenfassung

Im Zuge des Minos Plus Projektes wurden Seehunde (*Phoca vitulina*) unter anderen Messgeräten mit Satellitensendern und Fahrtenschreibern ausgerüstet, um deren räumliche und zeitliche Nutzung des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres und des angrenzenden Seegebietes in Hinblick auf die Errichtung von Offshore-Windparks, zu untersuchen¹⁰.

Die Fahrtenschreiber erfassen mit einer bestimmten Taktung kontinuierlich Messparameter für den untersuchten Seehund und seine Umwelt z.B. Druck, Temperatur und Geschwindigkeit. Durch die Auswertungssoftware MT DIVE (Jensen Software Systems, Laboe, D) lassen sich einzelne Tauchgänge und Beutezüge anhand eines Zeit-Tiefen-Fensters unmittelbar beobachten. Beutezüge sind Zeiten zusammenhängender Tauchereignisse in größere Tiefen, die nur von einzelnen Ruhephasen an der Wasseroberfläche unterbrochen sind. Die Satellitensender (PTT's) können Daten nur senden, wenn sich ein markierter Seehund an der Wasseroberfläche oder an Land befindet. Die Datenerfassung dieses Messgerätes ist demnach nicht kontinuierlich. Da es unter gewissen Umständen dazu kommen kann, dass Fahrtenschreiber verloren gehen oder durch Salzwassereinbruch beschädigt werden, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Frage in wie fern ausschließlich mit Hilfe von Satellitensenderdaten Beutezüge und deren Dauer bestimmt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methode zur Lösung des Problems entwickelt. Diese Methode basiert auf dem Vergleich von Satellitendaten und Fahrtenschreiberdaten und wurde als Signalzählmethode bezeichnet.

Zunächst wurde die Methode auf einen Datensatz angewendet, der sowohl Satellitendaten als auch Fahrtenschreiberdaten zum Vergleich enthielt [1. Datensatz = beidseitig], die von 10 ausgerüsteten Seehunden über einen Gesamtzeitraum von 526 Tagen erzeugt wurden. Anhand dieses Datensatzes wurde die Wirksamkeit der Methode genauer untersucht.

Anschließend wurde die Methode auf einen weiteren Datensatz angewendet, der nur Satellitendaten enthielt [2. Datensatz = einseitig]. Dieser wurde von 8 ausgerüsteten Seehunden über einen Gesamtzeitraum von 884 Tagen erzeugt.

Die untersuchten Seehunde beider Datensätze unterteilen sich in zwei Gruppen. Die eine Gruppe enthält die Tiere (DK), welche auf der dänischen Insel Römö gefangen und markiert wurden. Die andere Gruppe enthält die Tiere (LP), welche auf der Lorenzenplate (54°23'N / 8°31'O) gefangen und markiert wurden (siehe Abb.6 und Anhang 1).

1.2 Allgemeine Informationen zum Seehund (*Phoca vitulina*)

Systematik

Stamm: Chordata (Chordatiere)
 Unterstamm: Vertebrata (Wirbeltiere)
 Klasse: Mamalia (Säugetiere)
 Ordnung: Carnivora (Raubtiere)
 Unterordnung: Pinnipedia (Floßenfüßer, Robben)
 Familie: Phocidae (Hundsrobber)
 Gattung: *Phoca* (Echte Hundsrobber) Linnaeus 1758
 Art: *Phoca vitulina* (Seehund)

Unterarten:

Phoca vitulina vitulina (ostatlantischer oder europäischer Seehund, europäische Küsten)
Phoca vitulina concolor (westatlantischer Seehund, arktischer Ozean - Maine)
Phoca vitulina richardsi (ostpazifischer Seehund, Alaska - Baja California)
Phoca vitulina stejnegeri (westpazifischer Seehund, Hokkaido, Kurilen, Kamtschatka)
Phoca vitulina mellonae (Süßwasser Seehund, nördliches Quebec, Kanada)



Abb. 1 Zeigt das Verbreitungsgebiet des Seehundes (*Phoca vitulina*)

Seehunde sind auf der Nordhalbkugel an den Küsten des Atlantik und Pazifik weit verbreitet. Der Gesamtbestand wird auf ca. 500.000 Individuen geschätzt, von denen ca. 90.000 den europäischen Bestand¹ ausmachen (Abb. 1). Der Bestand in der Nordsee beläuft sich auf ca. 25.000 Individuen².

Im Allgemeinen kann die Länge von erwachsenen Seehunden zwischen 1,2 - 1,9 m und ihr Gewicht zwischen 45 - 170 kg variieren. Erwachsene Männchen werden zwischen 1,4 - 1,9 m lang und wiegen zwischen 55 - 170 kg. Sie erreichen die Geschlechtsreife im Alter von 5 - 6 Jahren. Erwachsene Weibchen werden zwischen 1,2 - 1,7 m lang und wiegen zwischen 45 - 105 kg. Sie erreichen die Geschlechtsreife im Alter zwischen 2 - 5 Jahren. Jungtiere werden in der Regel mit einem Gewicht zwischen 8 - 12 kg und einer Länge zwischen 70 - 100 cm und nach einer Tragzeit von ca. 11 Monaten geboren. Der europäische Seehund gebiert in der Regel

zwischen Juni und Mitte Juli. Nach der Geburt beginnt eine ca. 4 Wochen dauernde Aufzucht, in der das Junge gesäugt wird.

Wahrscheinlich unternimmt die Mutter mit seinem Jungen während dieser Zeit kürzere „Ausflüge“ bzw. passt ihr Tauchverhalten dem des Jungen an⁴. Die Entwöhnung des Jungen kann abrupt, aber auch allmählich erfolgen.

Die Paarungszeit beginnt meist um die Zeit der Entwöhnung der Jungtiere. Die Paarung findet im Wasser statt. Die Männchen vollführen spezielle Unterwasserlaute und Bewegungsmuster, die vermutlich mit der Anlockung von Weibchen und/oder mit dem Konkurrenzkampf zwischen den Männchen zu tun haben⁹. Manche Forscher denken, dass Männchen Unterwasserterritorien behaupten. Männliche Seehunde haben wahrscheinlich aufgrund des Stresses mit Artgenossen während der Paarungszeit nur eine Lebenserwartung von ca. 20 Jahren, während Weibchen zwischen 25 - 30 Jahre alt werden können³.

Die Ernährung der Seehunde ist opportunistisch, unterscheidet sich jedoch hinsichtlich ihrer Lebensphasen. Während ältere Tiere in der Regel größere Fische wie z.B. Schollen, Flundern, Dorsche fressen, ernähren sich Jungtiere von Garnelen, Grundeln und kleineren Plattfischen⁵.

Zur Nahrungssuche begeben sich die Seehunde auf Beutezüge. Beutezüge sind Zeiten zusammenhängender Tauchereignisse in größere Tiefen⁶, die nur von einzelnen Ruhephasen an der Wasseroberfläche unterbrochen sind. Im Zuge des MINOS Projektes wurden drei charakteristische Tauchgangsverläufe klassifiziert. U-förmige Tauchgänge scheinen in erster Linie mit dem Wanderverhalten und dem Nahrungserwerb verbunden, während V-förmige Tauchgänge vermutlich mit der Territoriumserkundung zu tun haben. Ein dritter Tauchgangsverlauf wurde dem Schlafen zugeordnet^{2,10}. Durchschnittlich dauern die einzelnen Tauchgänge ungefähr drei Minuten.

Auf die Beutezüge folgen Ruhepausen an Land, die Haulouts genannt werden. Haulout Habitate können felsige Küsten, Riffe, Sand- und Kiesstrände, Sandbänke und speziell im polaren Bereich driftendes Gletschereis sein. Haulout Plätze weisen meistens einige der folgenden Charakteristika auf: Schutz vor Landraubtieren, direkten Zugang zu tieferem Wasser, Nähe von Nahrungsgründen und Schutz vor starkem Wind und Wellen. Die Seehunde finden sich in mehr oder minder starken Gruppen auf den Haulout Plätzen ein. Auf einigen Plätzen kann es zu Ansammlungen von über 1000 Individuen kommen. Es wird im Allgemeinen angenommen, dass sich Seehunde in Gruppen zusammenfinden, um besser vor Feinden geschützt zu sein. Auf und in der Umgebung der Haulout Plätze finden neben der Regeneration auch Jungenaufzucht (Stillzeit), Fortpflanzung und Fellwechsel statt. Der Fellwechsel des europäischen Seehundes findet zwischen Juni und September statt. Es wird oft zitiert, dass sich Seehunde meistens in einem 50 km Radius um den Haulout Platz bewegen. Einige Tiere werden jedoch zum Teil mehr als 100 km entfernt von ihrem Ruheplatz registriert. Dies kann unter anderem auf individuelles Jagdverhalten, Wanderbewegungen von Beutefischen und spezielle Gegebenheiten des Ruheplatzes zurückgeführt werden. Im speziellen scheinen jüngere Seehunde längere Beutezüge zu weiter entfernten Nahrungsgründen zu unternehmen. Außerdem tendieren Sie zu einem größeren Bewegungsradius um ihren Ruheplatz³.

Das Sozialverhalten der Seehunde an Land ist, obwohl es nicht wie bei Seelöwen zu Haremsbildungen kommt, in gewisser Hinsicht hierarchisch organisiert. Die Dominanz Parameter

dieser Hierarchie sind Alter, Geschlecht und Größe^{7,8}. Über das soziale Verhalten unter Wasser, ist relativ wenig bekannt.

2. Material & Methoden

2.1 Verwendete Geräte

2.1.1 Fahrtenschreiber:

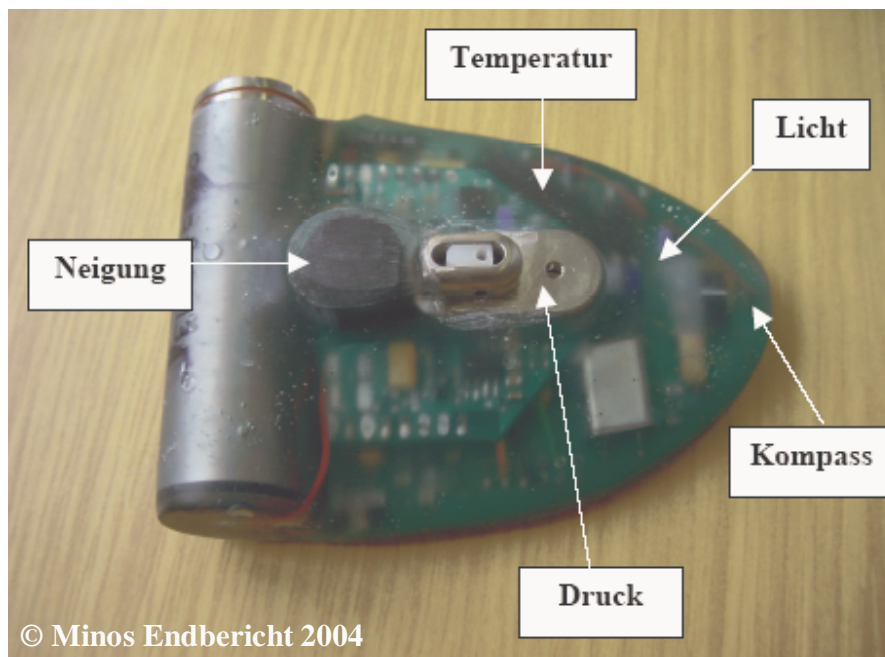


Abb. 2 Zeigt den verwendeten Fahrtenschreiber. Die Pfeile markieren die einzelnen Sensoren. Foto aus dem Minos Endbericht Teilprojekt 7.

Der Fahrtenschreiber (140 g, 90 x 65 x 28 mm, Abb.2) besteht aus einem zehnkanaaligem Logger, der bis zu 32 MB an Daten in einem Flash-RAM mit einer 16-bit Auflösung bei einer Takt-rate zwischen 7 Hz und 24 Stunden speichern kann. Diese elektronische Einheit ist zusammen mit einem Batteriegehäuse aus Titan und einer Infrarot-Schnittstelle zur Kommunikation mit einem PC in Kunstharz eingebettet. Die Daten des Fahrtenschreibers werden aufgrund des Datenspeichers im Zuge der Arbeit als Loggerdaten bezeichnet.

Drei der insgesamt 12 Kanäle und die dazugehörigen Sensoren seien hier genannt:

Tiefe (ein Kanal): Diese wird durch einen mediumgetrennten 10 bar Drucksensor (Fa. Keller, D) gemessen, der über einen geräteinternen Temperatursensor in Bezug auf mögliche Temperatureffekte korrigiert wird. Als nominelle Genauigkeit wird eine Auflösung von unter 2 cm Wassertiefe angegeben.

Körperorientierung in Bezug auf die Schwerkraft (zwei Kanäle): Hierzu wird ein Winkel-messsystem verwendet (VTI, S), das so in dem Gerät ausgerichtet ist, dass es die Neigungs- und

Rollbewegungen jeweils in einem Bereich von $+70^\circ$ zu -70° mit einer Genauigkeit nach Eichung von 1° erfasst.

Für die Belegung der anderen Kanäle und weitere Informationen siehe www.minos-info.de (Endbericht Oktober 2004 Teilprojekt 6)

2.1.2 Satellitensender (PTT)

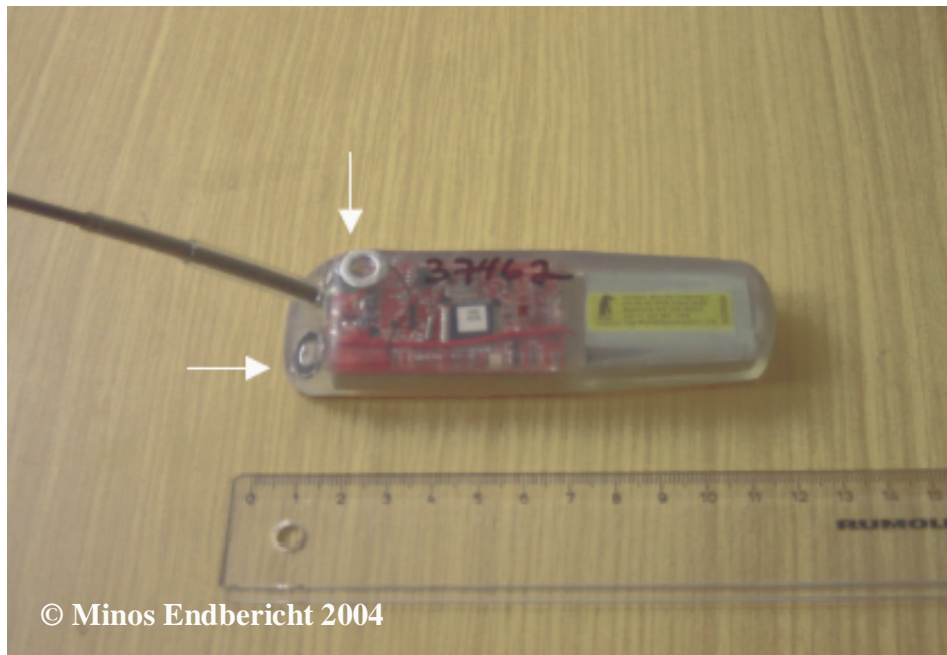


Abb. 3 Zeigt einen Satellitensender (PTT). Die Pfeile markieren Wasserschalter.

Bei dem verwendeten Satellitensender (auch bekannt als PTT = Platform Transmitter Terminal) handelt es sich um einen SPOT 3/4 der Firma Wildlife Computers (Richmond, USA). Die Einheit wiegt 90 g (150 x 30 x 20 mm, Abb. 3) und wird von einer 3 V M3 Lithium Batterie gespeist. Der Sender kann so programmiert werden, dass er nur zu bestimmten Stunden, Tagen oder Monaten sendet. Nähere Angaben sind zu finden unter: www.Wildlifecomputers.com. Der Satellitensender sendet Signale an einen Satelliten, welcher die gesammelten Signale zurück zur Erde sendet. Dort werden sie von Bodenantennen aufgefangen und zu Datenbearbeitungszentren transportiert. Von diesen werden sie an die Wissenschaftler weitergeleitet. Es sind mindestens zwei Übermittlungen nötig, damit die Position eines Tieres bestimmt werden kann. Bei weniger Übermittlungen wird trotzdem ein Signal verzeichnet, jedoch ohne Positionsdaten. Deshalb unterscheiden sich die Signale hinsichtlich ihrer Güte. Von der Satellitenbetreiberfirma ARGOS wird für die höchste Güteklasse 3 eine Genauigkeit von bis zu 150 m, für Güteklasse 2 von 150 bis zu 500 m und für Klasse 1 von 500 bis 1000 m angegeben. Für die Klassen 0, A und B werden keine Genauigkeiten genannt. Für genauere Informationen siehe: www.argos-system.org Im Zuge dieser Arbeit wurden die in der Regel innerhalb einer Satellitendatenanalyse nicht verwendeten Registrierungen von einzelnen Übermittlungen in die Datenanalyse miteinbezogen. Diese sind Bestandteil der Signalanzahlen pro Tag (Tab.2).

2.1.3 Auftriebskörper mit Messinstrumenten

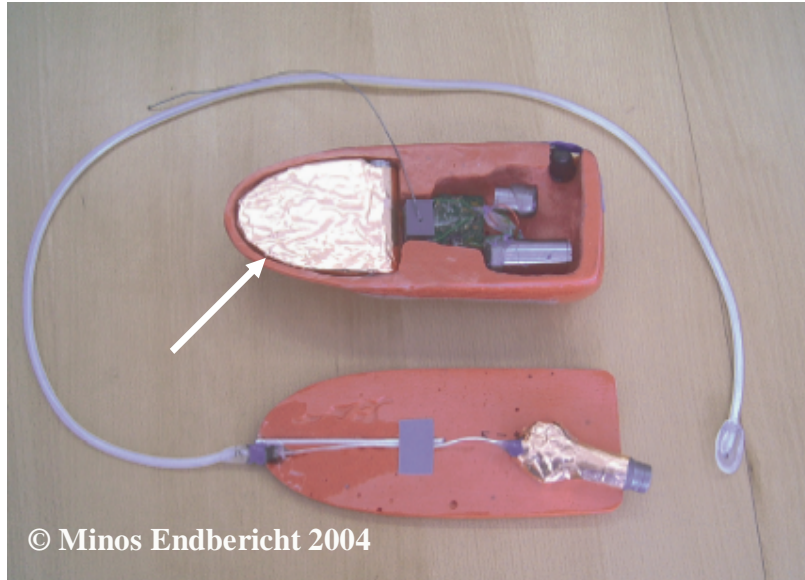


Abb. 4 Zeigt den verwendeten Auftriebskörper mit Messinstrumenten. Pfeil markiert den Fahrtenschreiber.

Der Auftriebskörper (280 g, 210 x 90 x 65 mm) besteht aus einer 70:30 Mischung aus Kunstharz (Glosscoat NL, VOSSCHEMIE, D) und hohlen Mikro-Glasperlen (B-Spheres Gr.2, OMEGA Minerals, Norderstedt, D).

2.1.4 Auftriebskörper in Neoprentasche

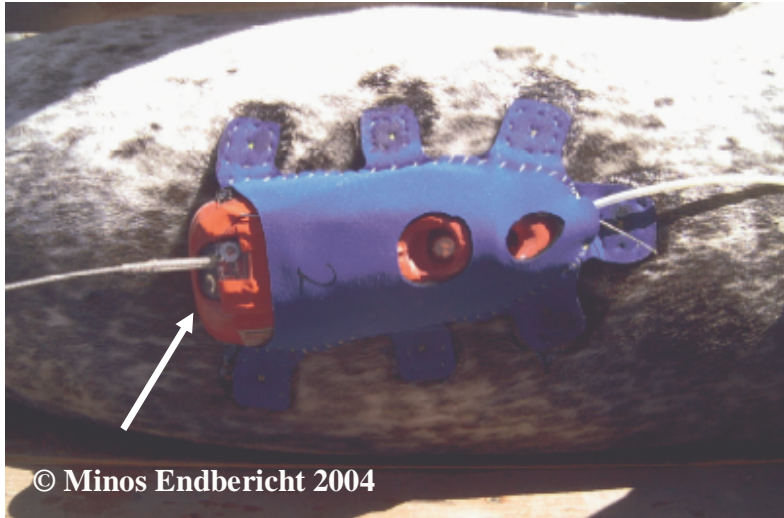


Abb. 5 Zeigt den in einer Neoprentasche untergebrachten Auftriebskörper, befestigt auf dem Rücken eines Seehundes. Pfeil zeigt auf den im Auftriebskörper befindlichen Satellitensender.

Die Neoprentasche wird an ihren Enden in das Fell eines Seehundes geklebt. Die Haftung wird durch unter den Enden befindliche Plastikscheiben (30 x 30 mm) verstärkt

2.1.5 Untersuchungsgebiet

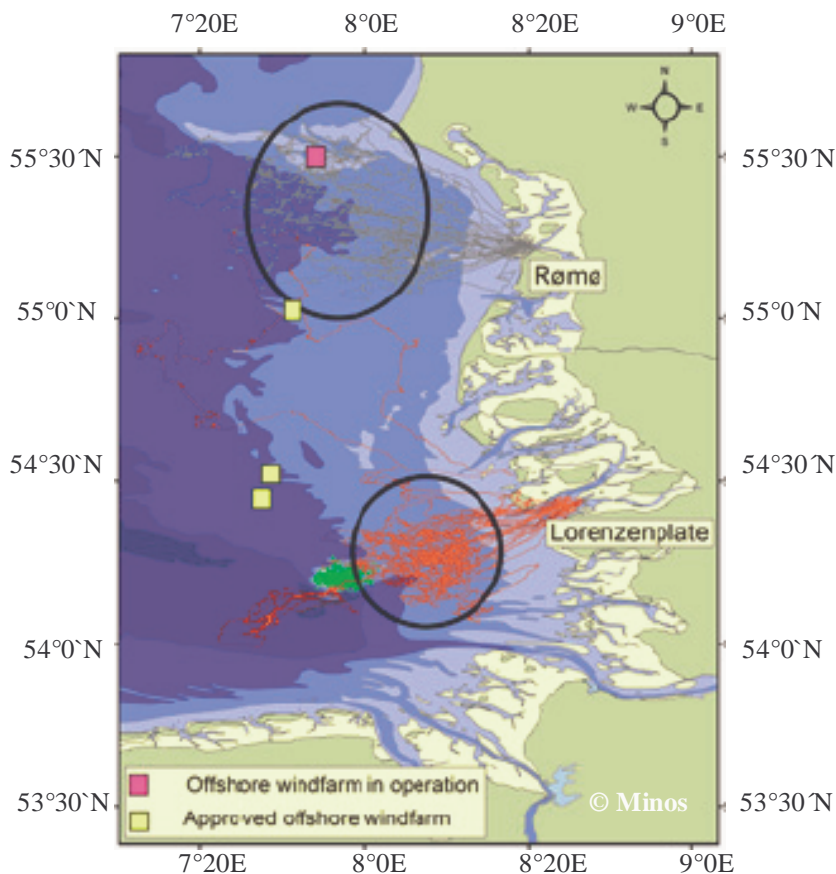


Abb. 6 Zeigt das Untersuchungsgebiet. Gelb markiert sind die geplanten Offshore Windparks. Rosa markiert ist der bereits in Betrieb befindliche dänische Windpark Horns Rev. Außerdem sind die Beutezugrouten von Seehunden verschiedener Liegeplätze zu sehen (Rømø: grau; Lorenzenplate: rot; Helgoland: grün).

2.2 Entwicklung der Signalzählmethode (SZM)

2.2.1 Vermessung von Beutezügen mit MT DIVE

Die Software MT DIVE erstellt aus den Daten des Fahrtenschreibers ein Tauchprofil des untersuchten Seehundes. Die Software ermöglicht es sowohl einzelne Tauchgänge als auch Beutezüge in einem Zeit-Tiefen-Fenster darzustellen, hinsichtlich ihrer Form zu untersuchen und zeitlich zu vermessen (Abb.7).

Die Bestimmung von Anfang und Ende eines Beutezuges ist problematisch, denn zum einen unterscheiden sich die Beutezüge einzelner Individuen und zum anderen unterscheiden sich die Beutezüge eines Individuums hinsichtlich dieser „Zeitpunkte“ voneinander. Beutezüge können relativ schnell oder langsam anfangen oder enden d.h. es kann vor den Tauchgängen, die in tiefere Tiefen gehen und eher mit dem Nahrungserwerb zu tun haben, zu einer Reihe von Tauchgängen kommen, die weniger tief sind. Diese finden in der Regel in der Umgebung von Haulout Plätzen statt. Ob sich ein Tier an Land oder im Wasser befindet lässt sich anhand des Neigungswinkels bestimmen, der ebenfalls über einen Sensor im Fahrtenschreiber

registriert wird (Abb.7). Nur wenn der Neigungswinkel über eine längere Zeit um die 0° beträgt, kann davon ausgegangen werden, dass sich der Seehund tatsächlich an Land befindet.

Um die Vermessung der Beutezüge in gewisser Hinsicht zu standardisieren und praktisch zu vereinfachen, wurde folgende Definition vorgenommen.

Bei Beutezügen handelt es sich um Zeiten zusammenhängender Tauchereignisse in größeren Tiefen, die nur von einzelnen Ruhephasen an der Wasseroberfläche unterbrochen sind. Der Beutezug eines Seehundes fängt an, sobald dessen Tauchgänge tiefer als 5 Meter werden und die darauf folgenden Tauchgänge eine weiter absteigende Tendenz aufweisen. Ein Beutezug endet, wenn die Tauchgänge des Tieres flacher als 5 Meter werden und die darauf folgenden eine aufsteigende Tendenz zeigen. Die Zeit zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt ergibt die Beutezugdauer.

Es ist zu bemerken, dass es sich hier nur im weitesten Sinne um wirkliche Zeitpunkte handelt. Die Software kann Zeitpunkte innerhalb des Tauchprofils auf hundertstel Sekunden genau. Dies macht für die Untersuchung von Beutezügen jedoch keinen Sinn, da sich diese im Bereich von Stunden und Tagen bewegen. Anfangs- und Endzeitpunkte wurden deshalb mit einer in jedem Fall ausreichenden Genauigkeit von Tagen, Stunden und Minuten bestimmt.

Die folgende Grafik (Abb. 7) zeigt exemplarisch die Vermessung eines Beutezuges. In gleicher Weise wurden die Beutezüge aller 10 Tiere des 1. Datensatzes bestimmt.

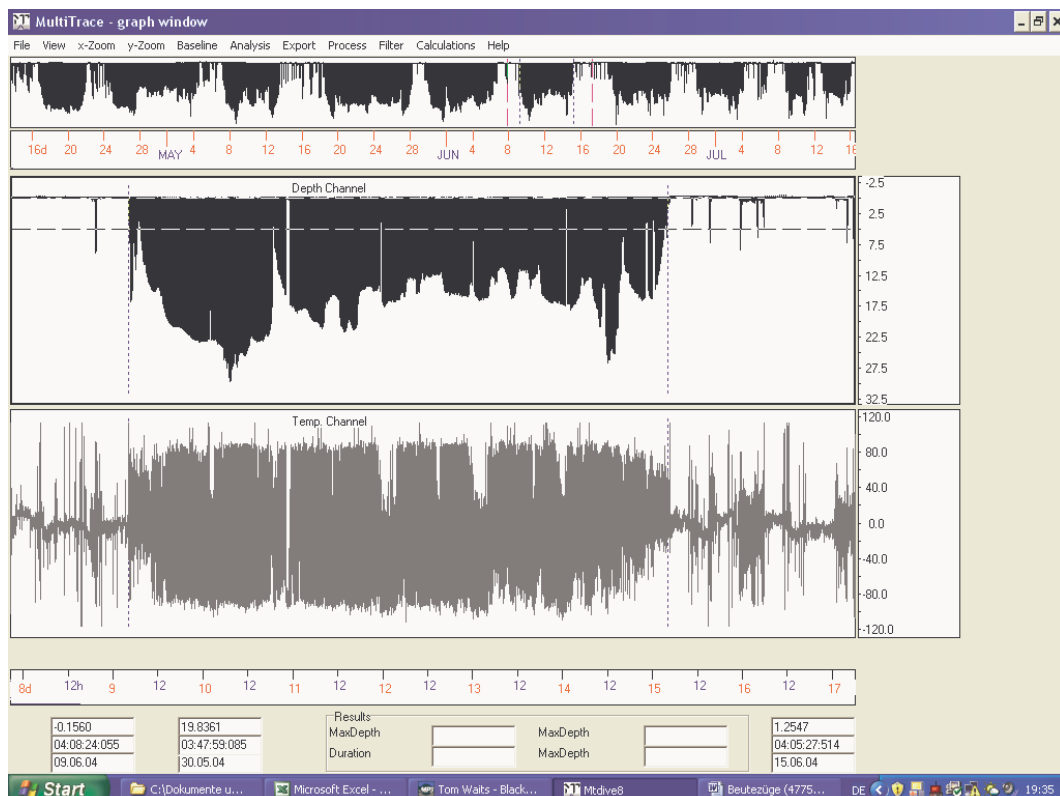


Abb. 7 Zeigt im mittleren Fenster den 6. Beutezug des Tieres DK 1. Die in blau gefärbten Cursor markieren Anfang und Ende des Beutezugs. Die „genauen“ Zeitpunkte der Cursor lassen sich links und rechts unten ablesen. Die gestrichelte Linie markiert die Tiefe von 5m. Im oberen Fenster sind alle Beutezüge des Tieres über den untersuchten Zeitraum zu sehen. Das untere Fenster zeigt den Neigungswinkel.

Beutezugdauer Loggerdaten:

Beutezug Nr.6 (DK 1): 09.06.04 [04:08] – 15.06.04 [04:05] = 5 T 57 m 23 s \approx 6 T

2.2.2 Rohdaten des Satellitensenders

Die folgende Tabelle (Tab.1) dient zur Veranschaulichung der Form, in welcher die Satellitendaten zu Anfang vorlagen.

Tab. 1 Zeigt exemplarisch die Rohdatenmatrix des Satellitensenders für das Individuums DK 1. Es wird einer von 94 für diesen Seehund untersuchten Tagen dargestellt.

Seehund	Signalgüte	Datum	Zeit	geo. Breite	geo. Länge
DK 1	B	08.06.2004	01:49:26	55.207	8.507
DK 1	A	08.06.2004	03:16:36	55.223	8.482
DK 1	A	08.06.2004	03:28:44	55.223	8.501
DK 1	B	08.06.2004	06:26:10	55.201	8.751
DK 1	1	08.06.2004	09:37:56	55.216	8.495
DK 1	C	08.06.2004	17:53:21		
DK 1	3	08.06.2004	17:57:16	55.224	8.511
DK 1	A	08.06.2004	18:27:44	55.217	8.462
DK 1	A	08.06.2004	19:29:13	55.225	8.493
DK 1	C	08.06.2004	20:07:06		
DK 1	C	08.06.2004	21:12:17		

2.2.3 Erstellung von Signalmatrizen

Die Rohdaten des Satellitensenders wurden für jeden Seehund in eine Signalmatrix umgewandelt. Zur Erstellung einer solchen Matrix für einen Seehund, wurden zunächst die Signale sämtlicher Güteklassen (2.1.2) eines Tages sowie die Registrierungen einzelner Übermittlungen addiert, um die Signalanzahl des betreffenden Tages zu ermitteln. Zur Erhaltung einer vollständigen Matrix geschah dies für alle für einen Seehund untersuchten Tage.

Die Transformation der Rohdaten des 08.06.04 für den Seehund DK 1 (Tab.1) in einen Signalmatrix Wert kann in der folgenden Tabelle (Tab.2) nachvollzogen werden.

Tab. 2 Die Tabelle zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Seehundes DK 1. ST = Signalanzahl pro Tag

Seehund	Datum	ST
DK 1	8.06.04	11
DK 1	9.06.04	2
DK 1	10.06.04	0
DK 1	11.06.04	0
DK 1	12.06.04	0
DK 1	13.06.04	0
DK 1	14.06.04	2
DK 1	15.06.04	14

2.2.4 Berechnung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST)

Zur Erhaltung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag wurde ein Mittelwert über die Signalanzahlen aller untersuchten Tage gebildet. Dies geschah mit einer Gesamtmatrix, die die Signalmatrizen aller Seehunde in aneinander gereihter Form enthält. Dieses Vorgehen ist notwendig, da sich die Seehunde hinsichtlich der Anzahl untersuchter Tage unterscheiden. Die DST beträgt 2,8 Signale pro Tag und ist mit einer Standardabweichung von 3,5 Signalen bestimmt worden.

2.2.5 Vergleich von Satelliten- (SD) und Fahrtenschreiberdaten = Loggerdaten (LD).

Beim Vergleich von Satellitendaten und Loggerdaten wurde deutlich, dass während eines Beutezuges nur wenige Signale vom Sender gesendet bzw. vom Satelliten empfangen werden.

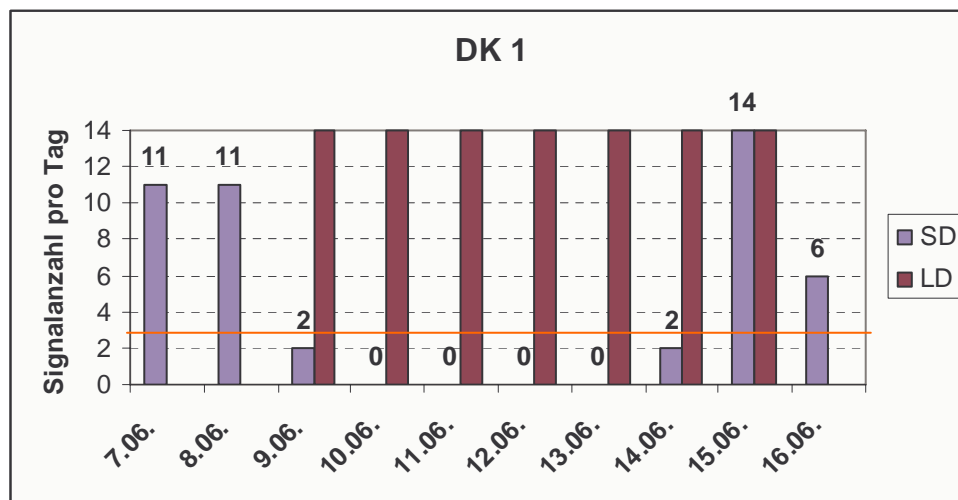


Abb. 8 Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Individuums DK 1. Die blauen Säulen symbolisieren die Anzahl der Satellitensignale pro Tag. Die dunkelroten Säulen symbolisieren die Tage an denen sich das Tier nach Loggerdaten (LD) auf einem Beutezug befindet. Sie sind lediglich Markierungen und keine Signalanzahlen. Die orange gefärbte Linie zeigt die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag.

2.2.6 Signalzählmethode (SZM)

Auf Basis des Vergleichs von Satellitendaten und Loggerdaten (2.2.5) wurde folgende Hypothese formuliert. Liegt die Anzahl der Satellitensignale an einem bestimmten Tag unter der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag befindet sich der untersuchte Seehund wahrscheinlich auf einem Beutezug. Wenn die Anzahl der Satellitensignale an einem bestimmten Tag über der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag liegt, befindet sich der untersuchte Seehund wahrscheinlich an Land. Im Weiteren wird der methodische Ansatz verfolgt, dass sich über das Zählen der Anzahl von Satellitensignalen an Untersuchungstagen die Beutezüge eines Seehundes bestimmen lassen. Die daraus resultierende Methode wird als Signalzählmethode bezeichnet.

2.2.7 Bestimmung von Beutezügen mit der Signalzählmethode (SZM)

Die Signalzählmethode kann ohne Modifizierung des Grundprinzips die Dauer eines Beutezuges lediglich mit einer Genauigkeit von Tagen bestimmen. Wendet man die Signalzählmethode auf den in Abb.8 dargestellten Zeitraum an, erfasst sie einen 6 Tage dauernden Beutezug. Es handelt sich bei diesem Beutezug um einen *richtig erfassten* Beutezug, da er mit einer gewissen Abweichung mit einem mittels Loggerdaten vermessenen Beutezug übereinstimmt. Gerade im Hinblick auf die Bestimmung dieser Abweichung, ist eine Präzisierung der Methode sinnvoll. Um die Dauer eines Beutezuges mit der Signalzählmethode zeitlich genauer erfassen zu können, wurde der Zeitpunkt des letzten Signals des *Anfangstages* und der Zeitpunkt des ersten Signals des *Endtages* eines Beutezuges verwendet.

Anfangs- und *Endtage* eines Beutezuges sind in diesem Fall definiert als Tage zwischen denen die Signalanzahl pro Tag unter der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag liegt. Zur zeitlichen Bestimmung des letzten Signals des Anfangstages und des ersten Signals des Endtages muss auf die Rohdatenmatrix des zu untersuchenden Seehundes zurückgegriffen werden.

Tab. 3 Die Tabelle zeigt einen Ausschnitt aus der Rohdatenmatrix des Satellitensenders für den Seehund DK 1. Rot markiert sind letztes Signal des Anfangs- und erstes Signal des Endtages des Beutezuges. Auf die Darstellung der 10 weiteren Signale des 08.06.04 und der 13 weiteren Signale des 15.06.04 wurde aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet. Vergleiche (Abb. 8).

Seehund	Signalgüte	Datum	Zeit	geo. Breite	geo. Länge
DK 1		08.06.2004	21:12:17		
DK 1	2	09.06.2004	01:37:11	55.223	8.495
DK 1		09.06.2004	05:01:31		
DK 1		14.06.2004	08:58:48		
DK 1		14.06.2004	15:46:39		
DK 1		15.06.2004	03:50:35		

Über den grafisch dargestellten Ausschnitt aus der Signalmatrix (Abb.8) und unter Zuhilfenahme des Ausschnitts aus der Rohmatrix (Tab.3) des Seehundes DK 1 wird ein Beutezug mit der Signalzählmethode zeitlich genauer bestimmbar. Es ist aber daraufhin zu weisen, dass die bestimmten *Anfangs-* und *Endzeitpunkte* mit noch größerer Vorsicht zu betrachten sind als die über Loggerdaten bestimmten „Zeitpunkte“, da sie mit dem Verhalten der Seehunde und der damit verbundenen Erfassbarkeit durch das ARGOS Satellitensystem zusammenhängen. Denn es muss nicht unbedingt der Fall sein, dass ein Seehund mehr oder minder unmittelbar nach dem letzten Signal eines *Anfangstages* auch tatsächlich einen Beutezug beginnt.

Beutezugdauer Satellitendaten:

Beutezug Nr.6 (DK 1): 08.06.04 [21:12] – 15.06.04 [03:51] = 6 T 58 m 6 s \approx 6,3 T

2.2.8 Anwendung der Signalzählmethode (SZM)

Da die Signalzählmethode grundsätzlich in der Lage ist, Beutezüge und ihre Dauer zu bestimmen, wurde sie zunächst auf die Satellitendaten der 10 untersuchten Seehunde des 1. Datensatzes angewendet. Es wurde ein ganztägiger Untersuchungszeitraum gewählt in dem sowohl Satelliten- als auch Loggerdaten zum Vergleich vorhanden waren.

2.2.8.1 Zuordnungen von Beutezügen und deren Klassifizierung

Es wurde versucht die mit der Signalzählmethode erfassten Beutezüge den tatsächlich stattgefunden Beutezügen, die mittels MT DIVE vermessen wurden, zuzuordnen. In den Fällen, in denen dies möglich war, handelt es sich um *richtig erfasste* Beutezüge. Beutezüge, bei denen dies nicht möglich war, fallen unter die Klassifizierung *nicht richtig erfasste* Beutezüge, welche wiederum in verschiedene Typen zu unterscheiden sind. Die kursive Schreibweise soll darauf aufmerksam machen, dass es sich um definierte Begriffe handelt.

2.2.8.2 Abweichung der Signalzählmethode (SZM) im Speziellen und Allgemeinen

Für die Dauer *richtig erfasster* Beutezüge wurde im speziellen ein Abweichungsbetrag berechnet mit der diese erfasst wurden (Tab.4).

Tab. 4 Zeigt exemplarisch die Beutezugdauer (BZD) der einzelnen Beutezüge (BZ Nr.) des Seehundes DK 1 berechnet anhand von Logger- (LD) und Satellitendaten (SD) und deren Abweichungsbetrag ($|LD - SD|$). Die rote Markierung weist auf den exemplarisch vermessenen (Abb. 7) und mit der SZM bestimmten (Abb. 8 und Tab. 3) Beutezug Nr. 6 hin. Die Beutezugdauer sowie der Abweichungsbetrag sind in Tagen angegeben.

Seehund	BZ Nr.	BZD LD	BZD SD	$ LD - SD $
DK 1	1	5.2	5.5	0.3
DK 1	2	9.7	10.1	0.4
DK 1	3	6.3	6.7	0.4
DK 1	4	9.7	9.9	0.2
DK 1	5	7.2	7.0	0.3
DK 1	6	6.0	6.3	0.3
DK 1	7	6.5	6.7	0.2
DK 1	8	4.9	5.7	0.8
DK 1	9	2.5	3.2	0.7
DK 1	10	3.1	3.4	0.3

Es ist zu bemerken, dass für diesen Seehund alle Beutezüge *richtig erfasst* wurden.

Um in Erfahrung zu bringen mit welcher Genauigkeit die Signalzählmethode Beutezüge im Allgemeinen *richtig erfasst*, wurde ein Mittelwert anhand der Abweichungsbeträge aller *richtig erfassten* Beutezüge gebildet. Dieser Mittelwert beträgt 1 Tag und wurde mit einer Standardabweichung von +/- 1,2 Tagen bestimmt.

2.2.8.3 Typen *nicht richtig erfasster* Beutezüge

Bei der Anwendung der Signalzählmethode kann es neben der Abweichung mit der Beutezüge *richtig erfasst* werden zu anderen Fehlern bei der Bestimmung von Beutezügen kommen. Um die Ergebnisse die bei der Anwendung der Signalzählmethode auf einen einseitigen Datensatz d.h. auf einen Datensatz der nur Satellitendaten enthält, kritisch beurteilen zu können, wurde eine detaillierte Beschreibung der Typen *nicht richtig erfasster* Beutezüge vorgenommen.

2.2.8.3.1 *nicht erfasster* Beutezug

Bei einem *nicht erfassten* Beutezug handelt es sich um einen Beutezug, der mittels Loggerdaten erfasst wird, aber mit der Signalzählmethode fälschlicherweise nicht erfasst wird (Abb.9).

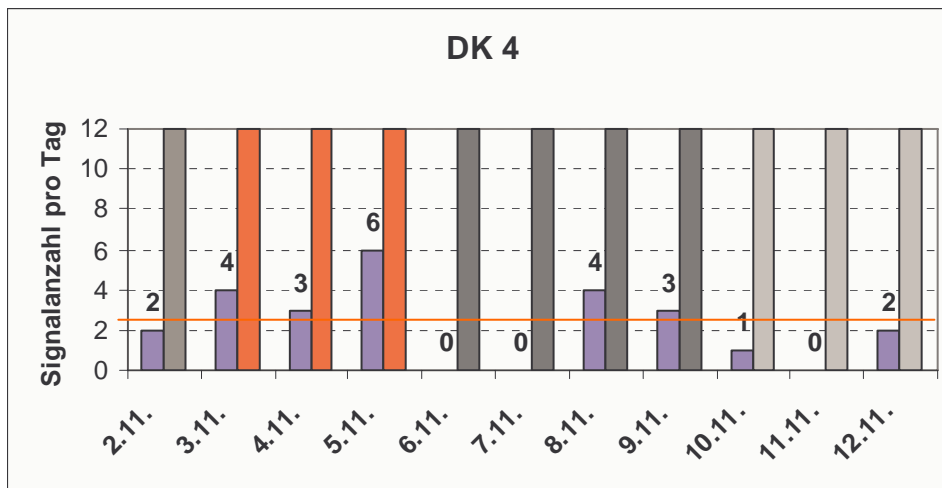


Abb. 9 Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Individuums DK4. Die blauen Säulen symbolisieren die Anzahl der Satellitensignale pro Tag. Die in unterschiedlichen Grautönen markierten Säulen beziehen sich auf unterschiedliche Loggerdaten Beutezüge des Tieres DK 4. Die roten Säulen beziehen sich auf einen von der SZM *nicht erfassten* Beutezug. Sowohl rote als auch graue Säulen sind lediglich Markierungen und keine Signalanzahlen. Die orange gefärbte Linie zeigt die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST = 2,8).

2.2.8.3.2 fehlerhaft erfasster Beutezug

Bei einem *fehlerhaft erfassten* Beutezug handelt es sich um einen Beutezug, der von der Signalzählmethode fälschlicherweise erfasst wird, obwohl die Loggerdaten in diesem Zeitraum keinen Beutezug verzeichnen (Abb.10).

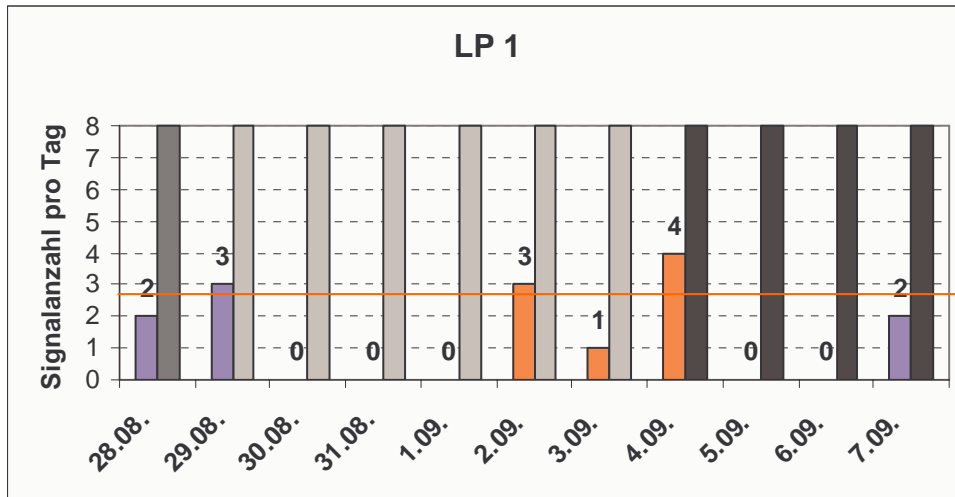


Abb. 10 Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Individuums LP 1. Die blauen und orange gefärbten Säulen symbolisieren die Anzahl der Satellitensignale pro Tag. Die in grau, hellgrau und schwarz markierten Säulen beziehen sich auf unterschiedliche Loggerdaten-Beutezüge des Tieres LP 1 und sind lediglich Markierungen und keine Signalanzahlen. Die orange gefärbten Säulen beziehen sich auf einen von der SZM „fehlerhaft erfassten“ Beutezug. Die orange gefärbte Linie zeigt die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST = 2,8).

2.2.8.3.3 unterteilter Beutezug [1 LD = x SD]

Bei einem *unterteilten* Beutezug handelt es sich um einen Beutezug, der über Loggerdaten als zusammenhängend registriert wird, der aber von der Signalzählmethode fälschlicherweise in mehrere Beutezüge (xSD) unterteilt wird (Abb.11).

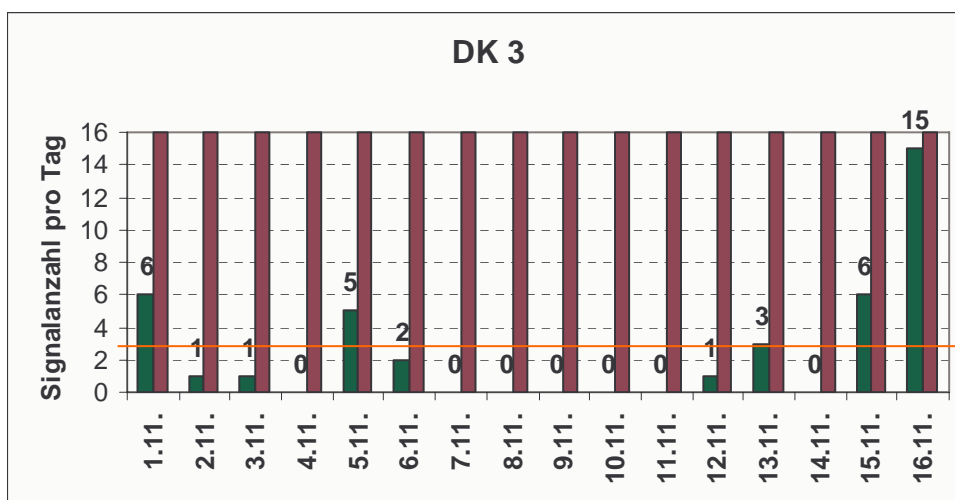


Abb. 11 Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Individuums DK 3. Die grünen Säulen symbolisieren die Anzahl der Satellitensignale pro Tag sowie die 3 Beutezüge die von der SZM fälschlicherweise als einzelne Beutezüge registriert wurden. Die dunkelroten Säulen symbolisieren einen mit Loggerdaten erfassten Beutezug. Es handelt sich bei diesen Säulen lediglich um Markierungen und nicht um Signalanzahlen pro Tag. Die orange gefärbte Linie zeigt die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST = 2,8).

2.2.8.3.4 *zusammenhängender Beutezug* [1 SD = x LD]

Bei einem *zusammenhängenden* Beutezug handelt es sich um einen Beutezug, der nach Loggerdaten in mehrere Beutezüge unterteilt (xLD) ist, der aber von der Signalzählmethode fälschlicherweise als ein zusammenhängender Beutezug dargestellt wird (Abb.12).

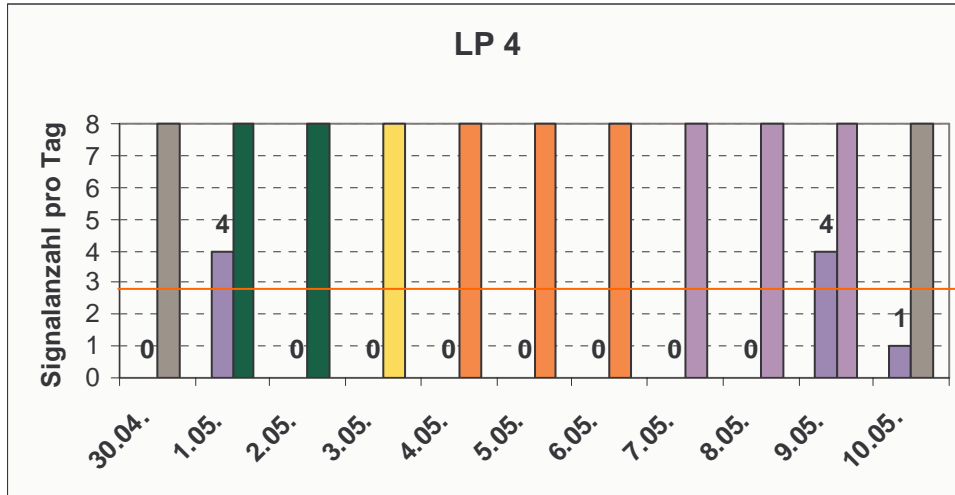


Abb. 12 Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus der Signalmatrix des Individuums LP 4. Die blauen Säulen symbolisieren die Anzahl der Satellitensignale pro Tag. Die grünen, gelben, violett und orange gefärbten Säulen symbolisieren unterschiedliche mit Loggerdaten erfasste Beutezüge, die innerhalb eines durch die SZM bestimmten Beutezuges tatsächlich stattfinden. Die grauen Säulen beziehen sich auf andere mit Loggerdaten bestimmte Beutezüge und sind wie die grünen, gelben, violett und orange gefärbten Säulen lediglich Markierungen und keine Signalanzahlen. Die orange gefärbte Linie zeigt die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST = 2,8).

3. Ergebnisse

3.1 Wirksamkeit der Signalzählmethode (SZM)

Im Folgenden wurde anhand des 1. Datensatzes, welcher sowohl Logger- als auch Satellitendaten enthielt, die von 10 ausgerüsteten Tieren über einen Untersuchungszeitraum von 526 Tagen erzeugt wurden, die Wirksamkeit der Signalzählmethode analysiert. Die Analyse folgt den bei der Entwicklung der Methode vorgenommenen Definitionen.

3.1.1 richtig erfasste Beutezüge

Von den 85 mit Loggerdaten vermessenen Beutezügen wurden mit der Signalzählmethode 58 *richtig erfasst*. Der prozentuale Anteil *richtig erfasster* Beutezüge beträgt demnach für diesen Datensatz 68 % (Tab.5).

Tab. 5 Zeigt die Anzahl der Beutezüge die mit der SZM, unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag, *richtig erfasst* wurden auf individueller und allgemeiner Ebene. Außerdem die Verteilung *richtig erfasster* Beutezüge auf verschiedene Abweichungskategorien.

Seehund	BZA (LD)	BZA (SD)	A (0.5 T)	A (1 T)	A (2 T)	A (>2 T)	r.e. BZ	% (r.e. BZ)
DK 1	10	10	8	2	0	0	10	100
DK 2	4	4	3	1	0	0	4	100
DK 3	8	11	1	0	3	2	6	75
DK 4	12	11	3	5	1	2	11	92
DK 5	14	14	6	4	1	1	12	86
LP 1	9	4	1	0	1	0	2	22
LP 2	3	5	0	1	0	0	1	33
LP 3	4	5	2	1	1	0	4	100
LP 4	19	7	0	2	2	2	6	32
LP 5	2	2	2	0	0	0	2	100
Gesamt	85	73	26	16	9	7	58	68

BZA LD = über Loggerdaten bestimmte Anzahl von Beutezügen

BZA SD = über Satellitendaten bzw. die SZM bestimmte Anzahl von Beutezügen

A (0,5 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 0.5 Tagen erfasst wurden

A (1 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 1 Tag erfasst wurden

A (2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 2 Tagen erfasst wurden

A (>2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von über 2 Tagen erfasst wurden

r.e. BZ = Anzahl richtig erfasster Beutezüge

% (r.e. BZ) = prozentualer Anteil richtig erfasster Beutezüge

Bei der Analyse dieses Datensatzes wurden 45 % der *richtig erfassten* Beutezüge mit einer Abweichung von bis zu 0.5 Tagen, 28 % mit einer Abweichung von bis zu 1 Tag, 16 % mit einer Abweichung von bis zu 2 Tagen und 12 % mit einer Abweichung von über zwei Tagen bestimmt (Abb.13).

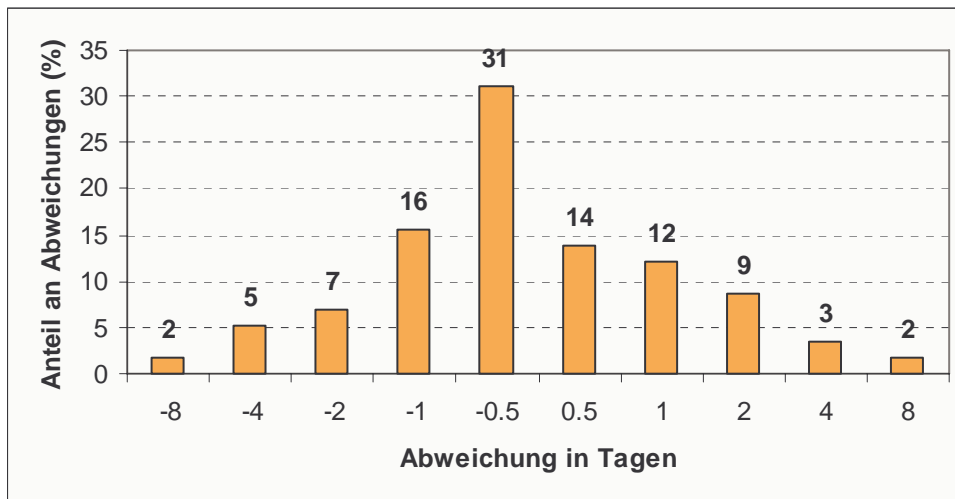


Abb. 13 Zeigt die relative Häufigkeit, mit der *richtig erfasste* Beutezüge einer bestimmten Abweichungskategorie zuzuordnen sind. Grundlage ist die Differenz von Beutezugdauern d.h. die Dauern der Beutezüge, die mit Satellitendaten ermittelt wurden, wurden von denen ihnen zuzuordnenden mit Loggerdaten bestimmten Beutezugdauern subtrahiert (LD – SD).

Der prozentuale Anteil mit der die Signalzählmethode Beutezugdauern *richtig erfasster* Beutezüge überschätzt bzw. der prozentuale Anteil negativer Abweichungen beträgt $\approx 61\%$. Der prozentuale Anteil, mit der die Signalzählmethode Beutezugdauern *richtig erfasster* Beutezüge unterschätzt bzw. der prozentuale Anteil positiver Abweichungen beträgt $\approx 39\%$. Der Abweichungsbetrag, mit der die Signalzählmethode Beutezüge richtig erfasst wurde mit 1 Tag und einer Standardabweichung von $\pm 1,2$ Tagen bestimmt (siehe 2.8.2). Es ist zu vermerken, dass sich 73% der Werte innerhalb dieses Betrages befinden. Innerhalb des ersten Intervalls der Standardabweichung ($\pm 1,2$) liegen 89% der Werte. Mit dem zweiten Intervall der Standardabweichung ($\pm 2,4$) werden 97% der Werte erfasst. Innerhalb des dritten Intervalls der Standardabweichung und deshalb als Ausreißer zu sehen sind nur 3% (bzw. nur 2 der 58) der Werte.

3.1.2 nicht erfasste Beutezüge

Von den 85 mit Loggerdaten vermessenen Beutezügen wurden mit der Signalzählmethode 15 Beutezüge nicht erfasst. Der prozentuale Anteil *nicht erfasster* Beutezüge an den Loggerdaten-Beutezügen beträgt demnach für diesen Datensatz 18% (Tab.6).

Tab. 6 Zeigt die Anzahl der Loggerdaten-Beutezüge, die mit der SZM unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag *nicht erfasst* wurden auf individueller und allgemeiner Ebene.

Seehund	BZA (LD)	n.e. BZ	% (n.e. BZ)
DK 1	10	0	0
DK 2	4	0	0
DK 3	8	1	13
DK 4	12	1	8
DK 5	14	0	0
LP 1	9	4	44
LP 2	3	0	0
LP 3	4	0	0
LP 4	19	9	47
LP 5	2	0	0
Gesamt	85	15	18

BZA LD = über Loggerdaten bestimmte Anzahl von Beutezügen

n.e. BZ = Anzahl *nicht erfasster* Beutezüge

% (n.e. BZ) = **prozentualer Anteil *nicht erfasster* Beutezüge**

3.1.3 fehlerhaft erfasste Beutezüge (siehe 2.2.8.3.2)

Von den 73 mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezügen wurden 5 *fehlerhaft erfasst* d.h. 5 Beutezüge wurden erfasst, obwohl in dem entsprechenden Zeitraum mittels Loggerdaten keine Beutezüge registriert wurden. Der prozentuale Anteil *fehlerhaft erfasster* Beutezüge an der Gesamtheit der Satellitendaten-Beutezüge beträgt $6.85 \approx 7\%$ [% (f.e.BZ)]. (siehe Tab.7)

Tab. 7 Zeigt die Anzahl der Beutezüge die mit der SZM unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag *fehlerhaft erfasst* wurden auf individueller und allgemeiner Ebene.

Seehund	BZA (SD)	f.e. BZ	% (f.e. BZ)
DK 1	10	0	0
DK 2	4	0	0
DK 3	11	2	18
DK 4	11	0	0
DK 5	14	1	7
LP 1	4	1	25
LP 2	5	0	0
LP 3	5	1	20
LP 4	7	0	0
LP 5	2	0	0
Gesamt	73	5	7

BZA SD = über Satellitendaten bzw. die SZM bestimmte Anzahl von Beutezügen

f.e. BZ = Anzahl *fehlerhaft erfasster* Beutezüge

%(f.e. BZ) = prozentualer Anteil *fehlerhaft erfasster* Beutezüge

3.1.4 unterteilte Beutezüge [1 LD = x SD]

Von den 85 mittels MT DIVE bestimmten Beutezügen wurden 3 Beutezüge von der Signalzählmethode fälschlicherweise in mehrere Beutezüge unterteilt. Der prozentuale Anteil *unterteilter* Beutezüge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutezüge beträgt demnach $3.53 \approx 4\%$ [% (1LD=xSD)].

Unter den 73 mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezügen waren 7 Beutezüge, die fälschlicherweise als einzelne Beutezüge (x SD) registriert wurden d.h. diese 7 Beutezüge sind in Wirklichkeit in 3 Loggerdaten-Beutezügen (1LD = xSD) enthalten. Der prozentuale Anteil der von der Signalzählmethode fälschlicherweise als einzeln registrierte Beutezüge an der Gesamtheit der Satellitendaten-Beutezüge beträgt $9.59 \approx 10 \% [\% (xSD)]$. (siehe Tab.8)

Tab. 8 Zeigt die Anzahl der Loggerdaten-Beutezüge, die mit der SZM unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag fälschlicherweise in mehrere Beutezüge unterteilt wurden auf individueller und allgemeiner Ebene. Blau = Loggerdaten. Orange = Satellitendaten.

Seehund	BZA (LD)	BZA (SD)	1LD = xSD	xSD	%(1LD=xSD)	%(xSD)
DK 1	10	10	0	0	0	0
DK 2	4	4	0	0	0	0
DK 3	8	11	1	3	13	27
DK 4	12	11	0	0	0	0
DK 5	14	14	0	0	0	0
LP 1	9	4	0	0	0	0
LP 2	3	5	2	4	67	80
LP 3	4	5	0	0	0	0
LP 4	19	7	0	0	0	0
LP 5	2	2	0	0	0	0
Gesamt	85	73	3	7	4	10

BZA LD = über Loggerdaten bestimmte Anzahl von Beutezügen

BZA SD = über Satellitendaten bzw. die SZM bestimmte Anzahl von Beutezügen

(1 LD = x SD) = Anzahl *unterteilter* Beutezüge

x SD = Anzahl von der SZM fälschlicherweise als einzelne Beutezüge registrierter Beutezüge

% (1 LD = x SD) = prozentualer Anteil *unterteilter* Beutezüge

% (x SD) = prozentualer Anteil fälschlicherweise als einzelne Beutezüge registrierte Beutezüge

3.1.5 *zusammenhängende* Beutezüge [1 SD = x LD]

Von den 85 mit Loggerdaten vermessenen Beutezügen wurden 9 Beutezüge (x LD) von der Signalzählmethode fälschlicherweise nicht als einzelne Beutezüge aufgelöst. Der prozentuale Anteil dieser Beutezüge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutezüge beträgt demnach $10.59 \approx 11 \% [\% (1SD = xLD)]$.

Von den 73 mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezügen wurden 3 Beutezüge fälschlicherweise als *zusammenhängend* erfasst d.h. diese drei Beutezüge enthielten insgesamt 9 Loggerdaten-Beutezüge, welche von der Signalzählmethode nicht einzeln aufgelöst werden konnten. Der prozentuale Anteil *zusammenhängender* Beutezüge an der Gesamtheit der Satellitendaten-Beutezüge beträgt demnach $4.12 \approx 4 \% (1SD = x LD)$. (siehe Tab.9)

Tab. 9 Zeigt die Anzahl der Loggerdaten-Beutezüge (x LD), die mit der SZM unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag fälschlicherweise als *zusammenhängend* erfasst wurden auf individueller und allgemeiner Ebene. Die Farbmarkierungen sollen auf die Zugehörigkeit der Werte zu den unterschiedlichen Datensätzen hinweisen. Blau = Loggerdaten. Orange = Satellitendaten.

Seehund	BZA (LD)	BZA (SD)	1SD =xLD	xLD	%(1SD=xLD)	%(xLD)
DK 1	10	10	0	0	0	0
DK 2	4	4	0	0	0	0
DK 3	8	11	0	0	0	0
DK 4	12	11	0	0	0	0
DK 5	14	14	1	2	7	14
LP 1	9	4	1	3	25	33
LP 2	3	5	0	0	0	0
LP 3	4	5	0	0	0	0
LP 4	19	7	1	4	14	21
LP 5	2	2	0	0	0	0
Gesamt	85	73	3	9	4	11

BZA LD = über Loggerdaten bestimmte Anzahl von Beutezügen

BZA SD = über Satellitendaten bzw. die SZM bestimmte Anzahl von Beutezügen

(1 SD = x LD) = Anzahl der Satellitendaten-Beutezüge, die mehrere Loggerdaten-Beutezüge umfassen

x LD = Anzahl der Loggerdaten-Beutezüge, die von einem Satellitendaten-Beutezug umfasst werden

% (1 SD = x LD) = prozentualer Anteil zusammenhängender Beutezüge

% (x LD) = prozentualer Anteil fälschlicherweise als einzelne Beutezüge registrierter Beutezüge

3.1.6 Analyse der prozentualen Verteilung der Loggerdaten- und Satellitendaten-Beutezüge

auf die Klassifizierungen der Signalzählmethode (SZM)

Die folgende Grafik soll die Problematik, die beim Vergleich der Loggerdaten mit den Satellitendaten in Bezug auf die Anwendung der Signalzählmethode entsteht, verdeutlichen (Abb.14). Im speziellen ergibt die Addition des prozentualen Anteils *richtig erfasster* Beutezüge mit dem prozentualen Anteil *nicht erfasster* Beutezüge nicht 100%, da diese zu unterschiedlichen Kategorien gehören. *Richtig erfasste Beutezüge* bilden die eine und *nicht richtig erfasste* Beutezüge die andere Kategorie, welche mehrere Typen enthält (siehe 2.2.8.1 & 2.2.8.3).

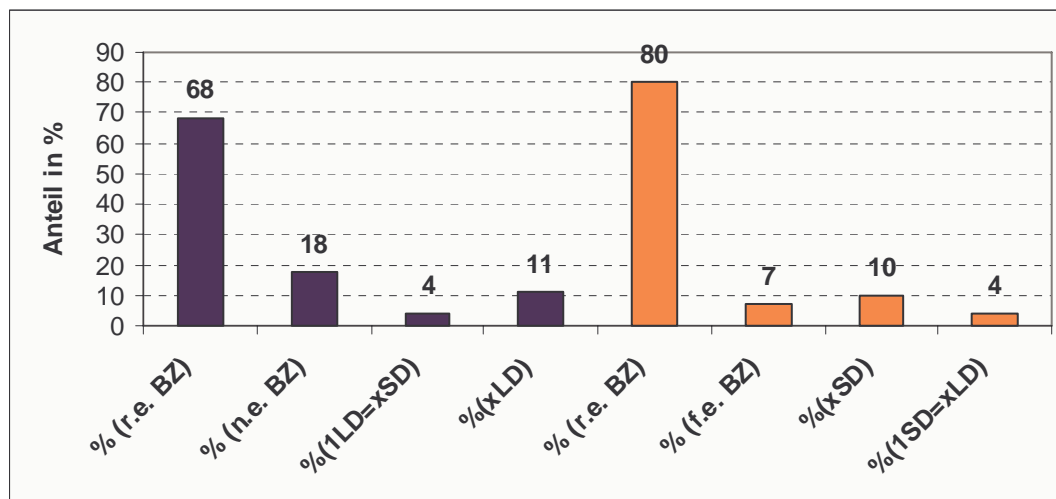


Abb. 14 Zeigt die Verteilung der prozentualen Anteile der bestimmten Beutzeuge auf die Kategorien, die sich bei der Anwendung der Signalzählmethode ergeben haben. Die blau gefärbten Anteile beziehen sich auf die 85 mit MT DIVE vermessenen Beutzeuge. Die orange gefärbten Anteile beziehen sich auf die 73 mit der SZM vermessenen Beutzeuge. Erklärung der Abkürzungen im folgenden Text.

Der prozentuale Anteil *richtig erfasster* Beutzeuge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutzeuge beträgt ca. 68 % (r.e.BZ). Der prozentuale Anteil *nicht erfasster* Beutzeuge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutzeuge beträgt ca. 18 % (n.e.BZ). Der prozentuale Anteil von der Signalzählmethode unterteilter Beutzeuge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutzeuge beträgt 4 % (1SD=xLD). Der prozentuale Anteil von der SZM fälschlicherweise nicht als einzeln aufgelöster Beutzeuge an der Gesamtheit der Loggerdaten-Beutzeuge beträgt 11 % (xLD).

Der prozentuale Anteil *richtig erfasster* Beutzeuge an der Gesamtheit der Satellitendaten Beutzeuge beträgt ca. 80 % (r.e.BZ). Der prozentuale Anteil *fehlerhaft erfasster* Beutzeuge an der Gesamtheit der Satellitendaten Beutzeuge beträgt ca. 7 % (f.e.BZ). Der prozentuale Anteil von der SZM fälschlicherweise als einzelne Beutzeuge registrierte Beutzeuge an der Gesamtheit der Satellitendaten-Beutzeuge beträgt ca. 10 % (xSD). Der prozentuale Anteil von der Signalzählmethode fälschlicherweise als *zusammenhängend erfasster* Beutzeuge beträgt ca. 4 % (1SD=xLD).

Die Auflösung der prozentualen Anteile kann als Werkzeug für die Analyse von einseitigen Datensätzen d.h. von Datensätzen, die nur Satellitendaten enthalten (siehe 3.6) verwendet werden.

3.2 Vergleich von individueller durchschnittlicher (IDST) und durchschnittlicher Signalanzahl pro Tag (DST) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode

Die Spannweite des prozentualen Anteils mit der die Signalzählmethode unter Verwendung der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag Beutzeuge *richtig erfasst* liegt für die untersuchten Seehunde bei 32-100 % (Tab.5). Im Folgenden wurde überprüft, ob sich unter Verwendung einer für jeden Seehund gebildeten individuellen durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag eine Veränderung des prozentualen Anteils *richtig erfasster* und *nicht erfasster* Beutzeuge ergibt.

3.2.1 Berechnung individueller durchschnittlicher Signalanzahlen pro Tag

Bei der Berechnung fiel auf, dass nur die Seehunde DK 1, DK 5, LP 1 und LP 3 eine nicht zwischen 2 und 3 liegende individuelle durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (IDST) aufweisen d.h. nur bei diesen Individuen kann sich bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Gebrauch der IDST ein anderes Ergebnis zeigen (Tab.10).

Tab. 10 Zeigt die anhand der Signalmatrizen einzelner Seehunde gebildete individuelle durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (IDST) und deren Standardabweichung (STABW), sowie die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST) und deren Standardabweichung gebildet anhand einer Gesamtmatrix, die die Signalmatrizen aller Seehunde in aneinander gereihter Form enthielt.

Seehund	IDST	STABW
DK 1	3.7	4.9
DK 2	2.6	3.9
DK 3	2.8	3.0
DK 4	2.6	2.8
DK 5	3.5	3.8
LP 1	0.8	1.2
LP 2	2.5	2.7
LP 3	1.96	1.5
LP 4	2.1	2.2
LP 5	2.9	4.2
DST	2.8	3.5

Es zeigte sich, dass die Seehunde mit einer hohen individuellen Signalanzahl pro Tag bezüglich dieses Wertes auch eine hohe Standardabweichung aufweisen und umgekehrt (Abb.14). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,79$ ist dies formal eine recht starke Korrelation.

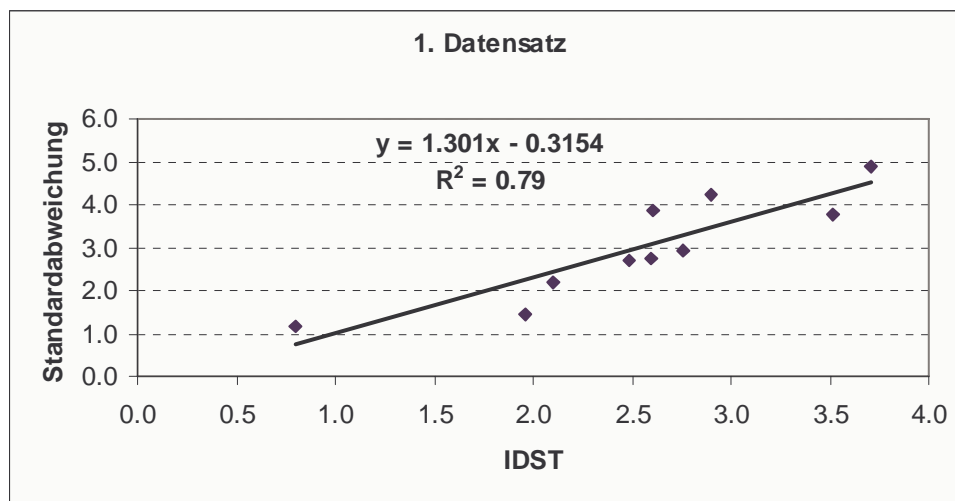


Abb. 14 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Signalanzahlen (IDST) der untersuchten Seehunde in Beziehung zu ihren Standardabweichungen auf Basis des 1. Datensatzes.

3.2.2 Vergleich des prozentualen Anteils *richtig erfasster* Beutezüge bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen (IDST) und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST).

Durch die Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der IDST ergab sich im speziellen für das Individuum LP 1 eine Steigerung der prozentual *richtig erfassten* Beutezüge um 34 % und für das Individuum DK 5 eine Verringerung von 7 % (Tab.11). Es ist festzustellen, dass der IDST Wert des Tieres LP 1 um 2 Signale pro Tag nach unten und der

IDST Wert von DK 5 um $0,7 \approx 1$ Signal pro Tag nach oben von der DST abweicht (Tab.10). Für die Individuen DK 1 und LP 3 ergaben sich bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der IDST hinsichtlich der prozentual *richtig erfassten* Beutezüge keine Veränderungen .

Tab. 11 Zeigt die Anzahl der Beutezüge, die mit der Signalzählmethode (SZM) unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen (IDST) und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST) *richtig erfasst* wurden auf individueller Ebene, außerdem die Verteilung *richtig erfasster* Beutezüge auf verschiedene Abweichungskategorien. Die rot markierten Werte weisen auf die Unterschiede bei der Anwendung der SZM unter Verwendung der IDST hin.

Seehund	BZA (LD)	BZA (SD)	A (0.5 T)	A (1 T)	A (2 T)	A (>2 T)	r.e. BZ	% (r.e. BZ)
DK 1 DST	10	10	8	2	0	0	10	100
DK 1 IDST	10	10	7	3	0	0	10	100
DK 5 DST	14	14	6	4	1	1	12	86
DK 5 IDST	14	13	5	4	1	1	11	79
LP 1 DST	9	4	1	0	1	0	2	22
LP 1 IDST	9	7	1	2	2	0	5	56
LP 3 DST	4	5	2	1	1	0	4	100
LP 3 IDST	4	5	1	0	1	2	4	100

BZA LD = über Loggerdaten bestimmte Anzahl von Beutezügen

BZA SD = über Satellitendaten bzw. die SZM bestimmte Anzahl von Beutezügen

A (0,5 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 0.5 Tagen erfasst wurden

A (1 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 1 Tag erfasst wurden

A (2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von bis zu 2 Tagen erfasst wurden

A (>2 T) = Anzahl der Beutezüge, die mit einem Abweichungsbetrag von über 2 Tagen erfasst wurden

r.e. BZ = Anzahl richtig erfasster Beutezüge

% (r.e. BZ) = prozentualer Anteil richtig erfasster Beutezüge

3.2.3 Vergleich des prozentualen Anteils *nicht erfasster* Beutezüge bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen (IDST) und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST).

Durch die Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der IDST ergab sich im speziellen für das Individuum LP 1 eine Verringerung der prozentual *nicht erfassten* Beutezüge um 22 % und für das Individuum DK 5 einen Anstieg von 7 % (Tab.12). Es ist festzustellen, dass der IDST Wert des Tieres LP 1 um 2 Signale pro Tag nach unten und der IDST Wert von DK 5 um $0,7 \approx 1$ Signal pro Tag nach oben von der DST abweicht (Tab.10). Für die Individuen DK 1 und LP 3 ergaben sich bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der IDST hinsichtlich der prozentual *nicht erfassten* Beutezüge keine Veränderungen (Tab.12).

Tab. 12 Zeigt die Anzahl der Loggerdaten-Beutezüge die mit der SZM unter Verwendung der individuellen (IDST) durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST) *nicht erfasst* wurden auf individueller Ebene. Die rot markierten Werte weisen auf die Unterschiede bei der Anwendung der SZM unter Verwendung der IDST hin.

Seehund	BZA (LD)	n.e. BZ	%(n.e. BZ)
DK 1 DST	10	0	0
DK 1 IDST	10	0	0
DK 5 DST	14	0	0
DK 5 IDST	14	1	7
LP 1 DST	9	4	44
LP 1 IDST	9	2	22
LP 3 DST	4	0	0
LP 3 IDST	4	0	0

3.3 Analyse der Beutezugdauer (BZD) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalmethode

Im Folgenden wird auf Basis des 1. Datensatzes analysiert, wie lange Beutezüge in der Regel dauern können und welche Dauer Beutezüge haben, die von der Signalmethode *nicht erfasst* werden.

3.3.1 Dauer tatsächlicher Beutezüge

Um mittels eines einseitigen Datensatzes d.h. mittels eines Datensatzes der nur Satellitendaten enthält, beurteilen zu können, ob ein mit der Signalmethode erfasster Beutezug zumindest theoretisch *richtig erfasst* sein könnte, ist es notwendig zu wissen, wie lange Beutezüge tatsächlich sind.

Ein Überblick hinsichtlich der Dauer tatsächlicher Beutezüge und deren Häufigkeit soll in folgendem Histogramm (Abb.15) vermittelt werden. Der kürzeste registrierte Beutezug dauerte 0,32 Tage und der längste dauerte 16,45 Tage. Detaillierte Aufstellung siehe Anhang 3.

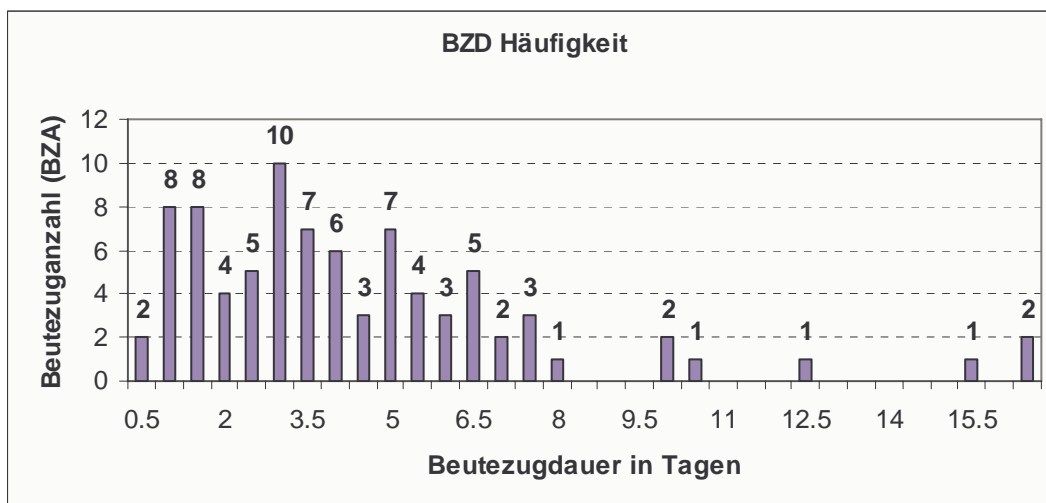


Abb. 15 Zeigt die Häufigkeit der anhand von Loggerdaten bestimmten Beutezugdauern (BZD). Es wurden insgesamt 85 Beutezüge mit der Auswertungssoftware MT DIVE vermessen.

3.3.2 Dauer *nicht erfasster* Beutezüge

Um in Erfahrung zu bringen, welche Beutezüge von der Signalzählmethode *nicht erfasst* werden, wurden diese Beutezüge hinsichtlich ihrer Dauer analysiert. Der kürzeste *nicht erfasste* Beutezug beträgt 0,3 Tage und der längste 6,8 Tage. Die durchschnittliche Dauer *nicht erfasster* Beutezüge wurde mit 2,3 Tagen und einer Standardabweichung von 2 Tagen bestimmt. Es ist zu vermerken, dass nur die Beutezüge 7-9 des Seehundes LP 1 nicht innerhalb der bestimmten Standardabweichung für die durchschnittliche Dauer nicht erfasster Beutezüge liegen (Abb.16).

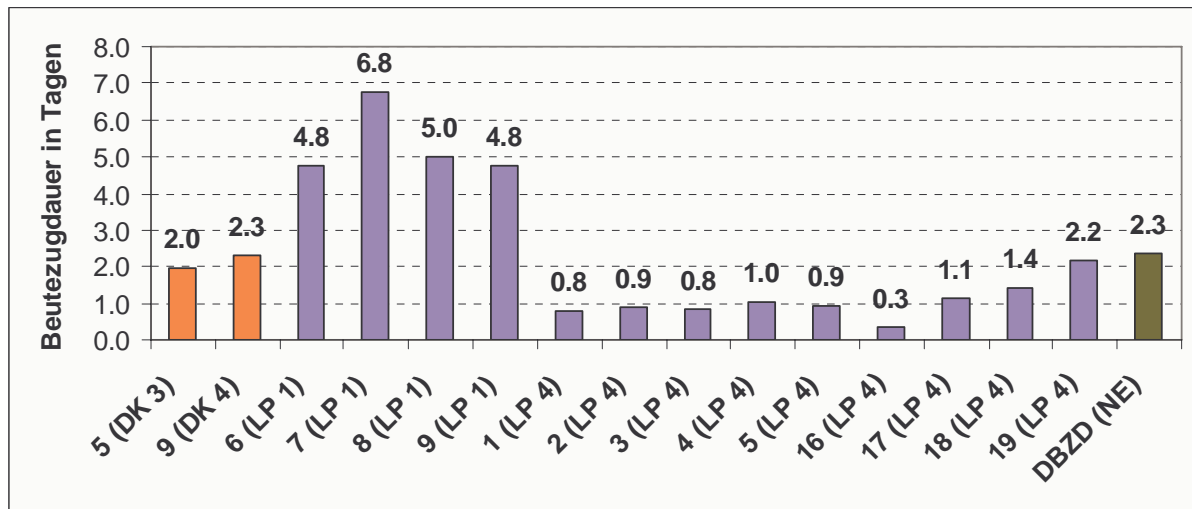


Abb. 16 Zeigt die Dauer einzelner Beutezüge (BZD) in Tagen, die mit der SZM *nicht erfasst* wurden und die durchschnittliche Dauer *nicht erfasster* Beutezüge [DBZD (NE)]. Die arabischen Zahlen sind Beutezugnummern und die in Klammern dahinter geschriebenen Abkürzungen, bezeichnen die Individuen.

3.4 Analyse der durchschnittlichen Beutezugdauer (DBZD) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode

Die durchschnittliche Beutezugdauer kann im Speziellen zur Analyse des Verhaltens einzelner Seehunde herangezogen werden. Im Allgemeinen kann die durchschnittliche Beutezugdauer zum Vergleich unterschiedlicher mit der Signalzählmethode analysierter Datensätze verwendet werden.

3.4.1 Individuelle durchschnittliche Beutezugdauer (IDBZD)

Die individuelle durchschnittliche Beutezugdauer beträgt für den Seehund DK 1 nach Loggerdaten 6,1 Tage und nach Satellitendaten 6,4 Tage (Tab.14). Es ist zu vermerken, dass für dieses Tier alle tatsächlichen Beutezüge auch mit der Signalzählmethode erfasst wurden. Dieser Umstand ist nicht bei allen Seehunden der Fall (Tab.6). Dies ist neben der zeitlichen Abweichung, mit der die Signalzählmethode Beutezüge *richtig erfasst*, ein weiterer Grund dafür, dass die durchschnittliche Beutezugdauer bestimmt nach Loggerdaten von der bestimmt nach Satellitendaten abweichen kann (Tab.14). Diese Feststellung ist im Weiteren wichtig für das Verständnis der Betrachtungen die in (3.4.2) angestellt werden. Die individuelle Abweichung mit der die Signalzählmethode Beutezüge für diesen Seehund *richtig erfasst* beträgt 0,4 Tage und ist mit einer Standardabweichung von 0,2 Tagen bestimmt worden. Nur die Beutezugdauern der Beutezüge 8 und 9 sind nicht mit einer Abweichung

bestimmt worden, die nicht innerhalb der Standardabweichung der individuellen Abweichung des Seehundes DK 1 liegt.

Tab. 14 Zeigt die Dauer der Beutezüge (BZD) des Seehundes DK 1 bestimmt anhand von Logger- (LD) und Satellitendaten (SD) sowie dessen individuelle durchschnittliche Beutezugdauer (IDBZD). Außerdem sind dargestellt die Abweichungen, mit der die SZM einzelne Beutezüge für DK 1 *richtig erfasst* hat, sowie die individuelle durchschnittliche Abweichung (IA) mit der die SZM Beutezüge für DK 1 *richtig erfasst* hat.

BZ Nr. (ID)	BZD LD	BZD SD	LD - SD
1 (DK 1)	5.2	5.5	0.3
2 (DK 1)	9.7	10.1	0.4
3 (DK 1)	6.3	6.7	0.4
4 (DK 1)	9.7	9.9	0.2
5 (DK 1)	7.2	7.0	0.3
6 (DK1)	6.0	6.3	0.3
7 (DK 1)	6.5	6.7	0.2
8 (DK 1)	4.9	5.7	0.8
9 (DK 1)	2.5	3.2	0.7
10 (DK 1)	3.1	3.4	0.3
IDBZD & IA	6.1	6.4	0.4
STABW	2.4	2.3	0.2

3.4.2 Durchschnittliche Beutezugdauer (DBZD)

Die durchschnittliche Beutezugdauer beträgt berechnet anhand von Loggerdaten 4,2 +/- 3,3 Tage und berechnet anhand von Satellitendaten 4,7 +/- 3,0 Tage (Tab.15). Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass die DBZD für Loggerdaten anhand von den 85 mit MT DIVE vermessenen Beutezügen berechnet und die DBZD für Satellitendaten anhand der 58 von der Signalmethode *richtig erfassten* Beutezüge gebildet wurde. Bildet man die durchschnittliche Beutezugdauer anhand aller 73 mit der Signalmethode erfassten Beutezüge (siehe Anhang 5) wird sie mit 4,6 +/- 2,9 Tagen bestimmt. Die durchschnittliche Abweichung, mit der die Signalmethode Beutezüge *richtig erfasst*, beträgt 1 Tag und ist mit einer Standardabweichung von 1,2 Tagen bestimmt worden (Tab.14). Sie wurde anhand der Abweichungen aller *richtig erfassten* Beutezüge gebildet. Die Bestimmung ist nur so korrekt, denn die Seehunde unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl untersuchter Tage und hinsichtlich der Anzahl bestimmter Beutezüge. Deshalb sind die individuellen durchschnittlichen Beutezugdauern der einzelnen Seehunde nur bedingt miteinander vergleichbar (siehe 3.4.1 und Anhang 4). Es ist darauf hinzuweisen, dass keine der individuellen Abweichungen außerhalb der zu ihnen gehörenden Standardabweichung liegen, mit der die durchschnittliche Abweichung bestimmt wurde. Für die Standardabweichungen, mit der die individuellen durchschnittlichen Beutezugdauern (IBZD) *richtig erfasster* Beutezüge der einzelnen Seehunde bestimmt wurden, siehe Anhang 4.

Tab. 15 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Beutezugdauern (IBZD) der einzelnen Seehunde und die anhand aller Beutezüge berechnete durchschnittliche Beutezugdauer (DBZD) nach Logger- (LD) und Satellitendaten (SD) in Tagen, sowie deren individuelle (IA) und durchschnittliche Abweichung (A).

Seehund	DBZD (LD)	DBZD (SD)	IA
IBZD DK 1	6.1	6.4	0.4
IBZD DK 2	4.8	4.8	0.2
IBZD DK 3	5.8	3.9	2.0
IBZD DK 4	3.6	4.4	1.4
IBZD DK 5	3.7	3.7	0.7
IBZD LP 1	3.7	4.0	0.7
IBZD LP 2	9.1	4.6	0.9
IBZD LP 3	4.4	3.6	1.0
IBZD LP 4	1.2	3.1	1.5
IBZD LP 5	16.4	16.4	0.1
DBZD & A	4.2	4.7	1.0
STABW	3.3	3.0	1.2

Eine Korrelationsanalyse von individueller durchschnittlicher Beutezugdauer (IBZD) und ihrer Standardabweichungen auf Basis des 1. Datensatzes ergab für Loggerdaten ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,59$ und für Satellitendaten ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,33$ (detaillierte Darstellung im Anhang 4). Diese Korrelation ist formal weit weniger ausgeprägt als die von individueller durchschnittlicher Signalanzahl pro Tag und deren Standardabweichung (siehe 3.2.1).

3.4.2.1 Durchschnittliche Beutezugdauer *richtig erfasster* [DBZD(RE)] und *nicht erfasster* Beutezüge [DBZD(NE)]

Die durchschnittliche Beutezugdauer *nicht erfasster* Beutezüge [DBZD(NE)*] liegt bei 1,3 +/- 0,6 Tagen (Abb.16) und bewegt sich damit am linken Rand des Spektrums der Beutezugdauern (siehe 3.3.1). Bei Berechnung dieses Wertes wurden die *nicht erfassten* Beutezüge, die außerhalb der Standardabweichung der zuvor berechneten Beutezugdauer *nicht erfasster* Beutezüge [DBZD(NE)] lagen, ausgeschlossen (siehe 3.2.2). Die Dauer durchschnittlich *richtig erfasster* Beutezüge lag mit 4.7 +/- 2,9 Tagen (Abb.16) im unteren Drittel des Spektrums tatsächlicher Beutezugdauern.

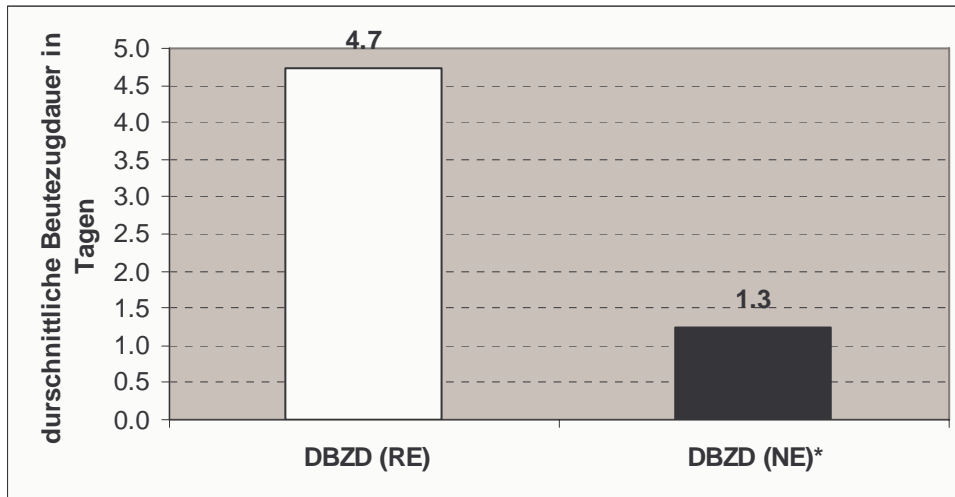


Abb. 16 Zeigt die durchschnittliche Beutezugdauer *richtig erfasster* Beutezüge [DBZD(RE)], sowie die durchschnittliche Anzahl *nicht erfasster* Beutezüge [DBZD(NE)*] unter Ausschluss der Ausreißer (siehe 3.2.2).

3.4.2.2 Durchschnittliche Beutezugdauer *fehlerhaft erfasster, unterteilter und zusammenhängender* Beutezüge

- Die durchschnittliche Beutezugdauer *fehlerhaft erfasster* Beutezüge beträgt 2 +/- 0,8 Tage.
- Die durchschnittliche Beutezugdauer *unterteilter* Beutezüge beträgt 12,6 +/- 2,5 Tage.
 - Die durchschnittliche Beutezugdauer von der Signalzählmethode fälschlicherweise als einzelne Beutezüge registrierte Beutezüge innerhalb des unterteilten Loggerdaten-Beutezuges beträgt 4,6 +/- 2,5 Tage.
- Die durchschnittliche Beutezugdauer *zusammenhängender* Beutezüge beträgt 8,6 +/- 1,2 Tage.
 - Die durchschnittliche Beutezugdauer der Loggerdaten-Beutezüge, die nicht aufgelöst werden konnten und somit von der Signalzählmethode als zusammenhängender Beutezug registriert wurden, beträgt 2 +/- 1 Tag.

3.5 Analyse der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat (DBZAM) in Bezug auf die Wirksamkeit der Signalzählmethode

Da die individuellen durchschnittlichen Beutezugdauern nur bedingt miteinander vergleichbar sind (siehe 3.4.1), wurde ein weiterer Messparameter, die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat über den gesamten Untersuchungszeitraum, gebildet (Tab.16). Diese gibt Aufschluss über das Beutezugverhalten der Seehunde im Allgemeinen und kann als Vergleichswert, für die Analyse weiterer Datensätze benutzt werden. Außerdem ist es für die Bildung dieses Wertes nicht nötig, die genauen „Anfangs- und Endzeitpunkte“ eines Beutezuges mit der Signalzählmethode zu bestimmen, denn dieser ist der Quotient aus der Anzahl untersuchter Beutezüge und der Anzahl untersuchter Monate.

Tab. 16 Zeigt die individuelle durchschnittliche Beutezuganzahl und die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat (DBZAM) berechnet für Logger- (LD) und Satellitendaten (SD) sowie deren Abweichung auf individueller und allgemeiner Ebene. Die rot markierten Werte sind Summen. Die blau markierten Werte sind anhand der Summen gebildete Anzahlen.

Seehund	AUT	BZA (LD)	BZA (SD)	AUM	DBZAM (LD)	DBZAM (SD)	LD - SD
DK 1	94	10	10	3.1	3.2	3.2	0.0
DK 2	27	4	4	0.9	4.4	4.4	0.0
DK 3	65	8	11	2.2	3.7	5.1	1.4
DK 4	65	12	11	2.2	5.5	5.1	0.5
DK 5	79	14	14	2.6	5.3	5.3	0.0
LP 1	45	9	4	1.5	6.0	2.7	3.3
LP 2	31	3	5	1.0	2.9	4.8	1.9
LP 3	25	4	5	0.8	4.8	6.0	1.2
LP 4	38	19	7	1.3	15.0	5.5	9.5
LP 5	57	2	2	1.9	1.1	1.1	0.0
Gesamt	526	85	73	17.5	4.8	4.2	0.7

AUT = Anzahl untersuchter Tage

BZA (LD) = Beutezuganzahl berechnet nach Loggerdaten

BZA (SD) = Beutezuganzahl berechnet nach Satellitendaten

AUM = Anzahl untersuchter Monate

DBZAM (LD) = durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat berechnet nach Loggerdaten

DBZAM (SD) = durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat berechnet nach Satellitendaten

| LD - SD | = Abweichungen (einfache Differenzbeträge) der DBZAM

3.6 Anwendung der Signalzählmethode auf den 2. Datensatz

Im Folgenden wurde die Signalzählmethode auf den 2. Datensatz angewendet, der die Satellitendaten, die von 8 Tieren über einen Gesamtzeitraum von 884 Tagen produziert wurden, enthielt. Für diesen Datensatz wurden insgesamt 121 Beutezüge erfasst.

3.6.1 Berechnung der individuellen durchschnittlichen und der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag

Es stellte sich heraus, dass die individuellen durchschnittlichen Signalanzahlen pro Tag der Seehunde DK 7, DK 8, DK 9, LP 8 und LP 9 nicht zwischen 2 und 3 liegen d.h. nur bei diesen Tieren kann es bei der Anwendung der Signalzählmethode unter Verwendung der individuellen durchschnittlichen Signalanzahl (IDST) zu anderen Ergebnissen kommen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass keiner dieser Seehunde eine IDST aufweist, die kleiner ist als die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag. Die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST 2) beträgt für den 2. Datensatz 2,7 und wurde mit einer Standardabweichung von 3,7 Tagen bestimmt.

Tab. 17 Zeigt die individuelle durchschnittliche (IDST) sowie die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST 2) und deren Standardabweichung berechnet anhand des 2. Datensatzes.

Seehund	IDST	STABW
DK 6	1.5	2.1
DK 7	2.6	3.2
DK 8	3.6	5.0
DK 9	4.0	4.3
LP 6	1.8	2.3
LP 7	1.4	2.2
LP 8	2.7	3.7
LP 9	3.2	4.2
DST 2	2.7	3.7

Es zeigte sich, dass die Seehunde mit einer hohen individuellen Signalanzahl pro Tag, bezüglich dieses Wertes auch eine hohe Standardabweichung aufweisen und umgekehrt (Abb.17). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,79$ ist dies formal eine noch stärkere Korrelation als die des 1. Datensatzes (3.2.1).

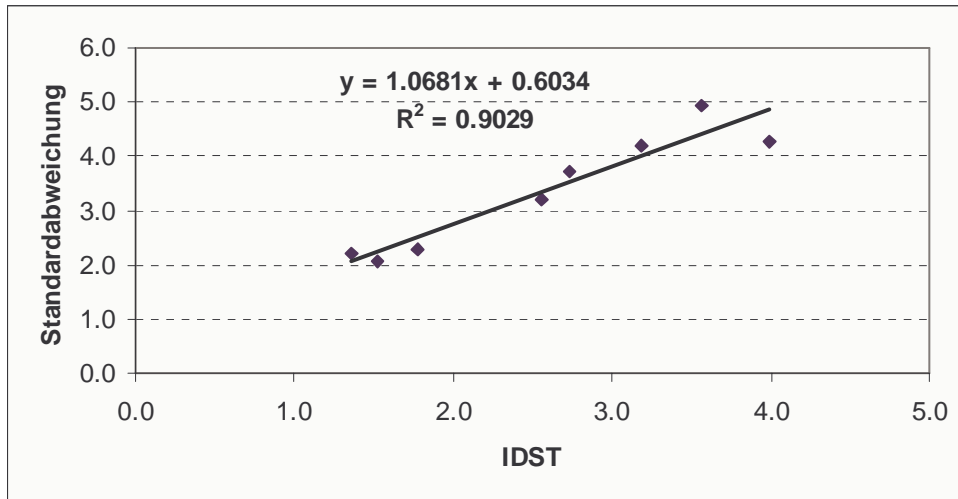


Abb. 17 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Signalanzahlen (IDST) der untersuchten Seehunde in Beziehung zu ihren Standardabweichungen erstellt auf der Basis des 2. Datensatzes.

3.6.2 Berechnung der durchschnittlichen Beutezugdauer (DBZD)

Die durchschnittliche Beutezugdauer für den 2. Datensatz beträgt 4,7 Tage und wurde mit einer Standardabweichung von 4,8 Tagen bestimmt (Tab.18). Für den Seehund LP 7 wurde nur ein Beutezug bestimmt und deshalb konnte für diesen keine Standardabweichung bestimmt werden.

Tab.18 Zeigt die individuellen durchschnittlichen und die durchschnittliche Beutezugdauer in Tagen und deren Standardabweichungen bestimmt anhand des 2. Datensatzes.

Seehund	DBZD (SD2)	STABW
DK 6	8,3	10,0
DK 7	4,8	3,5
DK 8	3,6	1,8
DK 9	2,9	1,8
LP 6	4,9	3,6
LP 7	3,1	0,8
LP 8	7,9	7,5
LP 9	4,6	4,8
DBZD	4,7	4,8

Es zeigte sich im Gegensatz zu der in 3.4.2 angestellten Korrelationsanalyse für den 1. Datensatz für den 2. Datensatz formal eine starke Korrelation von individueller durchschnittlicher Beutezugdauer und deren Standardabweichung. Dies würde heißen, dass Seehunde mit hohen durchschnittlichen Beutezugdauern bezüglich dieser Werte auch hohe Standardabweichungen zeigen und umgekehrt. Aber auch hier ist Vorsicht geboten, da sich

die Seehunde hinsichtlich der Anzahl untersuchter Beutezüge und der Anzahl untersuchter Tage unterscheiden. Außerdem enthält der hier analysierte Datensatz nur 8 Individuen.

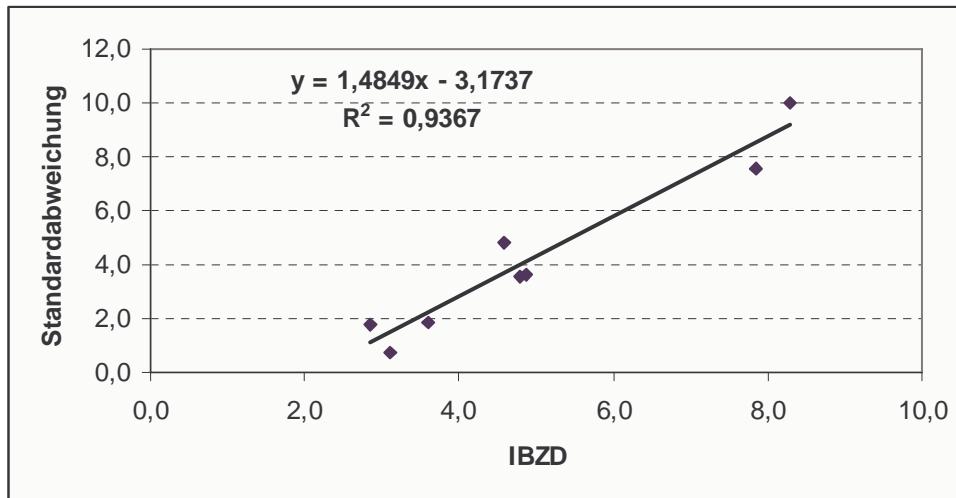


Abb. 18 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Beutezugauern (DBZD) der untersuchten Seehunde in Beziehung zu ihren Standardabweichungen auf der Basis des 2. Datensatzes.

3.6.3 Berechnung der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat (DBZAM)

Die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat beträgt für den 2. Datensatz 4,1 Beutezüge pro Monat. Die geringste individuelle Beutezuganzahl pro Monat beträgt 1,7 und die höchste 5,9 Beutezüge pro Monat (Tab.19)

Tab. 19 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Beutezugauern der einzelnen Seehunde und die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat berechnet anhand des 2. Datensatzes.

Seehund	AUT	AUM	BZA SD	DBZAM SD2
DK 6	150	5,00	13	2,6
DK 7	122	4,07	17	4,2
DK 8	154	5,13	27	5,3
DK 9	132	4,40	26	5,9
LP 6	114	3,80	17	4,5
LP 7	36	1,20	2	1,7
LP 8	106	3,53	8	2,3
LP 9	70	2,33	11	4,7
Gesamt	884	29	121	4,1

AUT = Anzahl untersuchter Tage

BZA (SD) = Beutezuganzahl berechnet nach Satellitendaten

AUM = Anzahl untersuchter Monate

DBZAM (SD) = durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat berechnet nach Satellitendaten

3.6.4 Werkzeuge zur kritischen Überprüfung der mit der Signalzählmethode gewonnenen Ergebnisse

Wie beurteilt man nun, ob es sich bei den bestimmten Beutezügen tatsächlich, um *richtig erfasste* Beutezüge handelt, obwohl keine Fahrtenschreiberdaten zum Vergleich vorhanden sind. Zur Klärung dieser Frage können die im Folgenden vorgestellten Werkzeuge verwendet werden.

3.6.4.1 Werkzeug 1: Verteilung des 1. Datensatzes

Unter der Annahme, dass die prozentualen Anteile an den Klassifizierungen der mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezüge beim 2. Datensatz genauso verteilt sind wie beim 1. Datensatz (siehe 3.1.6), ergeben sich folgende Beutezuganzahlen für den 2. Datensatz (Abb.19). Dieses Werkzeug kann einen ersten Eindruck davon geben, in welcher Größenordnung die Anzahl *richtig* und *nicht richtig erfasster* Beutezüge bei dem analysierten einseitigen Datensatz liegt.

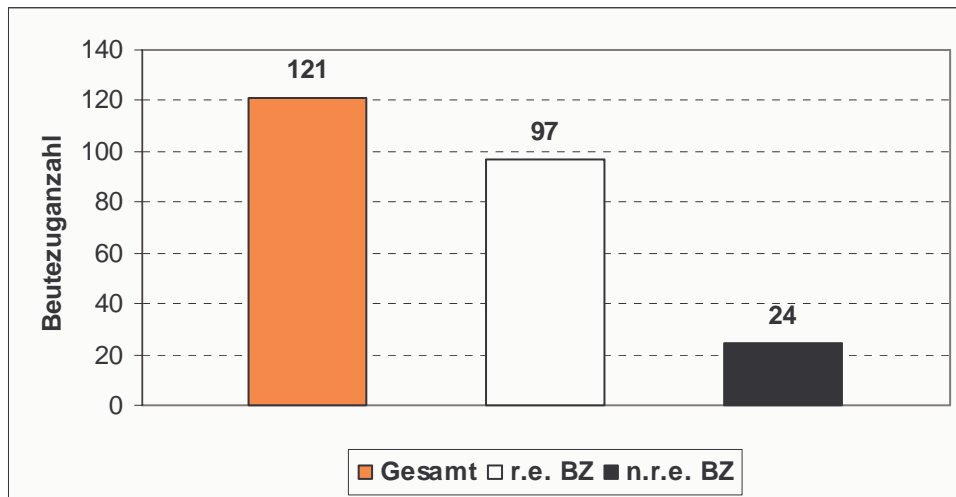


Abb. 19 Zeigt die Verteilung der Beutezüge des 2. Datensatzes auf die Kategorien der Signalzählmethode unter der Annahme, dass die prozentuale Verteilung auf die Kategorien genauso ist wie beim ersten Datensatz (Abb.14)

3.6.4.2 Werkzeug 2: Extremwertanalyse

Kurze Beutezüge (< 2 Tage) können von der Signalzählmethode nur schwierig erfasst werden, deshalb ist es notwendig diese Beutezüge sehr kritisch zu analysieren. Sehr lange Beutezüge (> 20 Tage) sind zwar prinzipiell möglich im Hinblick auf die durchschnittlichen Beutezugdauern der untersuchten Individuen und die Distanzen zu den Nahrungsgründen im Untersuchungsgebiet allerdings unwahrscheinlich. Dieses Werkzeug vermittelt einen zweiten Eindruck, welche Beutezüge *richtig* und welche Beutezüge *nicht richtig erfasst* sein könnten.

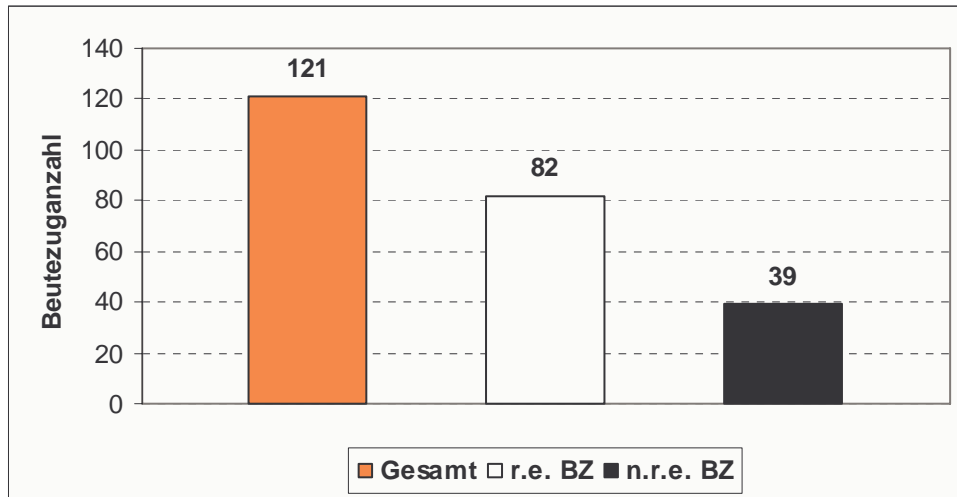


Abb. 20 Zeigt die Anzahl *richtig erfasster* Beutezüge (r.e. BZ) und die Anzahl *nicht richtig erfasster* Beutezüge (n.r.e. BZ) nach der Extremwertanalyse.

3.6.4.3 Werkzeug 3: Beutezugsignalanalyse

Da die Übermittlung von Signalen während eines Beutezuges nur eingeschränkt möglich ist, kann die Qualität und die Anzahl der während eines vermeintlichen Beutezuges gesendeten Signale Aufschluss darüber geben, ob es sich um einen *richtig erfassten* oder um einen *nicht richtig erfassten* Beutezug handelt. Beutezüge sind umso kritischer zu beurteilen, je mehr Signale sie enthalten und je höher die Qualität der Signale ist. Da eine Position erst nach drei aufeinander folgenden Übermittlungen berechnet werden kann, ist es unwahrscheinlich dass dies bei einem Beutezug passiert, denn schon Signale ohne Positionsdaten, welche einzelne Übermittlungen darstellen, sind während eines Beutezuges relativ unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich. Die Signale mit Positionsdaten können deshalb Aufschluss darüber geben, ob sich ein Seehund in der Nähe einer Sandbank aufhält oder sich weit von ihr entfernt befindet oder ob es sich um einen treibenden Satellitensender handelt¹¹.

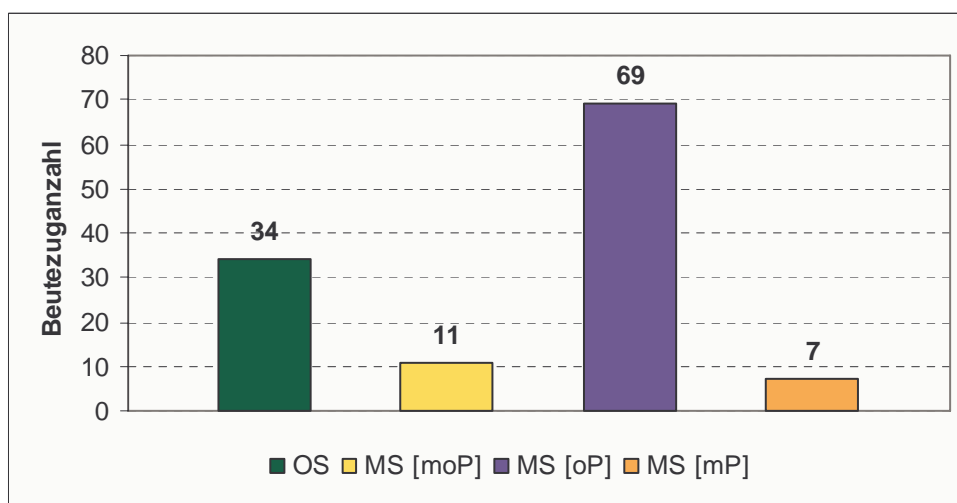


Abb. 21 Zeigt die Verteilung der mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezüge des 2. Datensatzes in Bezug auf die während der Beutezüge gesendeten Signale. OS = Beutezüge ohne jegliche Signale, MS = Beutezüge mit Signalen, [moP] = Beutezüge, die sowohl Signale mit als auch Signale ohne Positionsdaten enthalten, [oP] = Beutezüge die nur Signale ohne Positionsdaten enthalten, [mP] = Beutezüge, die nur Signale mit Positionsdaten enthalten

3.6.4.4 Werkzeug 4: Gezeitenkalender

Mittels des Gezeitenkalenders können die vermeintlichen Beutezüge, während derer Signale gesendet werden, genauer untersucht werden. Denn jedes Signal wird mit einer Zeit gespeichert. Diese Zeit kann daraufhin überprüft werden, ob sie innerhalb der Hoch- oder der Niedrigwasserperiode liegt. Dies kann Aufschluss darüber geben, ob es sich bei dem untersuchten Beutezug, um einen *richtig erfassten* Beutezug handelt oder ob der betreffende Seehund während des Hochwassers nur kurzfristig seine Sandbank verlassen hat und es sich somit um einen *nicht richtig erfassten* Beutezug handelt. Der Gezeitenkalender ist allerdings relativ schwierig zu handhaben und mit bedachter Spekulation verbunden. Als Werkzeug ermöglicht er jedoch eine weitere Differenzierung der mit der Extremwertanalyse und der Beutezugsignalanalyse untersuchten Beutezüge hinsichtlich der Klassifizierung als *richtig* oder *nicht richtig erfasst* (siehe Anhang 8 & 9).

Tab. 20 Zeigt die Anzahl der *richtig erfassten* (*r.e.BZ*) und *nicht richtig erfassten* (*n.r.e. BZ*) Beutezüge ermittelt mit Hilfe des Gezeitenkalenders, der auf Basis der Extremwertanalyse als *nicht richtig erfasst* klassifizierten Beutezüge. EK = „extrem“ kurze Beutezüge, EL = „extrem“ lange Beutezüge

	r.e. BZ	n.r.e. BZ	Gesamt
EK	16	19	35
EL	3	1	4
Gesamt	19	20	39

Tab. 21 Zeigt die Anzahl der *richtig erfassten* (*r.e.BZ*) und *nicht richtig erfassten* (*n.r.e. BZ*) Beutezüge ermittelt mit Hilfe des Gezeitenkalenders und auf der Basis der in Abb. 21 dargestellten Beutezüge. OS = Beutezüge ohne jegliche Signale, MS = Beutezüge mit Signalen, [moP] = Beutezüge, die sowohl Signale mit als auch Signale ohne Positionsdaten enthalten, [oP] = Beutezüge die nur Signale ohne Positionsdaten enthalten, [mP] = Beutezüge, die nur Signale mit Positionsdaten enthalten

	r.e. BZ	n.r.e. BZ	Gesamt
MS [moP]	5	7	12
MS [oP]	44	25	69
MS [mP]	2	5	7
OS	33	0	33
Gesamt	84	37	121

3.6.5 Prozentualer Anteil *richtig erfasster* und *nicht richtig erfasster* Beutezüge des 2. Datensatzes nach Anwendung der Werkzeuge zur kritischen Überprüfung

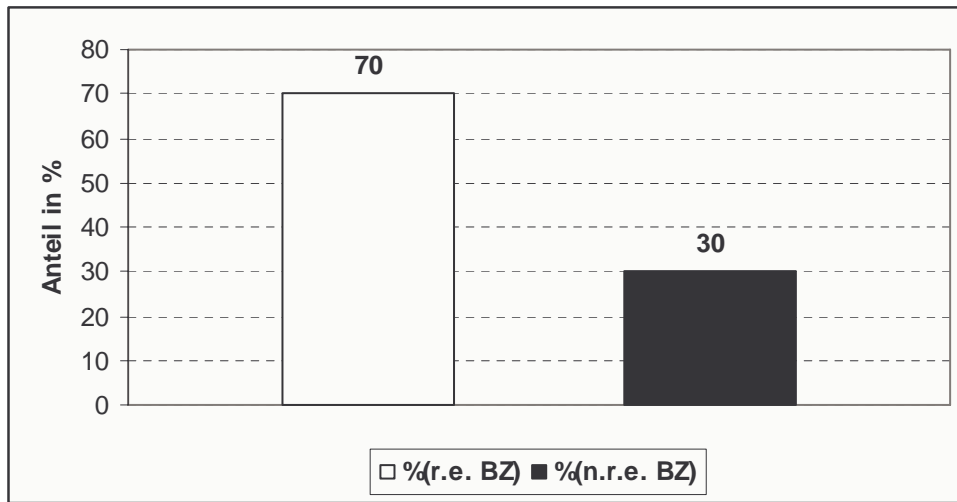


Abb. 22 Zeigt die prozentualen Anteile *richtig erfasster* Beutezüge (r.e. BZ) und die Anzahl *nicht richtig erfasster* Beutezüge (n.r.e. BZ) des 2. Datensatzes nach Anwendung der Werkzeuge zur kritischen Überprüfung.

4. Diskussion

Die in dieser Arbeit vorgenommene Definition des Begriffs Beutezug ist in Anlehnung an die von T. Orthmann im Laufe seiner Dissertation⁶ entwickelte Definition des Begriffs entstanden. Orthmann definiert einen Beutezug wie folgt.

„Dieser Begriff umfasst lang andauernde, zusammenhängende Tauchereignisse auf in der Regel größere Tiefen, die nicht durch Haulout-Ereignisse unterbrochen wurden. Sie umfassen damit das gesamte Tauchverhalten vom Verlassen einer Sandbank bis hin zur Rückkehr des Seehundes, also sowohl die Transitphasen als auch Beutesuche und Beutejagd.

Tauchverhalten von weniger als sechs Stunden Länge wurde in diesem Zusammenhang jedoch nicht als Beutezug gewertet. Zwischen längeren Beutezügen (> 12h) fanden auch vereinzelt Beutezüge mit einer mittleren Dauer von 6 bis 10 Stunden statt. Kürzere Tauchausflüge von den Sandbänken (< 6 Stunden) konnten zwar auch Jagdtauchgänge beinhalten, fanden aber nur auf geringen Tiefen (bis max. 15m) und hauptsächlich in der Nähe der Haulout-Plätze statt.“

Die in dieser Arbeit vorgenommene Definition unterscheidet sich von der Orthmanns in erster Linie dadurch, dass die Dauer eines Beutezuges nicht durch das Verlassen einer Sandbank bis hin zur Rückkehr des Seehundes bestimmt wird. Dies wird damit begründet, dass die Phasen des Verlassens und der Rückkehr sich von Individuum zu Individuum und von Beutezug zu Beutezug unterscheiden. Was es im Einzelnen schwierig macht, den Anfang bzw. das Ende eines Beutezuges objektiv zu bestimmen. Die hier vorgenommene Definition versucht sich einer effektiven Beutezugdauer anzunähern. Das variable Verhalten der Tiere unmittelbar vor und unmittelbar nach einem Beutezug wird in diesem Sinne bewusst nicht berücksichtigt. Die in dieser Arbeit verwendete Definition des Begriffs lautet wie folgt:

„Bei Beutezügen handelt es sich um Zeiten zusammenhängender Tauchereignisse in größere Tiefen, die nur von einzelnen Ruhephasen an der Wasseroberfläche unterbrochen sind. Der Beutezug eines Seehundes fängt an, sobald dessen Tauchgänge tiefer als 5 Meter werden und die darauf folgenden Tauchgänge eine weiter absteigende Tendenz aufweisen. Ein Beutezug endet, wenn die Tauchgänge des Tieres flacher als 5 Meter werden und die darauf folgenden eine aufsteigende Tendenz zeigen. Die Zeit zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt ergibt die Beutezugdauer.“

Da in dieser Arbeit nur mit dem Programm MT DIVE gearbeitet wurde, wird mit der oben gemachten Definition nur eine geringe Annäherung an eine effektive Beutezugdauer erreicht. Um diese genauer bestimmen zu können, müsste im Weiteren das Programm MT Route hinzugezogen werden, mit dem Beutezugrouten dargestellt werden können. Eine effektive Beutezugdauer könnte sich per Definition auf Beutesuche und Beutejagd beschränken und die Transitphasen zu den Nahrungsgründen ausschließen. Denn speziell für die in dieser Arbeit untersuchten Seehunde der Lorenzenplate und der Insel Römö sind die Transitphasen zu den Nahrungsgründen, die sich in etwa 35 Kilometer von den Haulout Plätzen befinden, zeitlich zwar relativ kurz, in Bezug auf eine effektive Beutezugdauer, jedoch nicht zu unterschätzen (Abb.6). Eine weitere Arbeit könnte einen Vergleich von den Seehunden, die auf Helgoland (Anhang 2) ausgerüstet wurden, mit den auf dem Festland ausgerüsteten Seehunden hinsichtlich der effektiven Beutezugdauer beinhalten.

Im Zuge der Arbeit ließ sich zeigen, dass die Erfassung von Beutezügen einschließlich ihrer Dauer anhand von Satellitendaten grundsätzlich möglich ist. Die Positionsdaten des Satellitensenders können bei der Untersuchung, ob ein Beutezug mit der Signalmethode *richtig erfasst* wurde von Hilfe sein. In einer Studie (Burns & Castellini, 1998) konnte jedoch gezeigt werden, dass die von der Betreiberfirma des Satellitensystems Argos angegebenen Abweichungen für die unterschiedlichen Güteklassen der Satellitensignale (2.1.2) zum Teil erhebliche Fehler aufweisen. So zeigte sich in besagter Studie, dass die Signale der Güteklasse 1, die nach Angaben von ARGOS mit einem Fehler von +/- 1 km die Position eines Tieres anzeigen, im Mittel diese Position aber nur mit einer Genauigkeit von +/- 5 km bestimmen. Die in der Dissertation von T.Orthmann⁶ durchgeführten Untersuchungen zeigten noch stärkere Abweichungen bei der Positionsbestimmung. Dies ist in Bezug auf die relativ geringen Distanzen, die Seehunde im Nordseeraum zwischen ihren Haulout Plätzen und Nahrungsgründen zurücklegen, von entscheidender Bedeutung. Denn in vielen Fällen wird eine Unterscheidung von diesen Orten durch die Ungenauigkeiten des Systems bei der Positionsbestimmung unmöglich. Die Bestimmung von Beutezugrouten anhand von Satellitendaten ist deshalb nur eingeschränkt möglich¹⁰.

Die Bestimmung von Beutezügen und ihrer Dauer ist jedoch mit entsprechender Vorsicht bei der Analyse der Daten möglich. Im Zuge dieser Arbeit konnten 68 % der 85 anhand von Fahrtenschreiberdaten vermessenen Beutezüge durch die Anwendung der Signalmethode auf die den gleichen Zeitraum umfassenden Satellitendaten *richtig erfasst* werden. Das grundlegende Prinzip der Methode scheint gerechtfertigt, denn die Dauer einer Übermittlung des Satellitensenders beträgt ca. 45 Sekunden und die durchschnittliche Oberflächendauer nach einzelnen Tauchgängen während eines Beutezuges beträgt ca. 34 Sekunden⁶. Es ist demnach sehr unwahrscheinlich, dass während eines Beutezuges viele Übermittlungen gesendet werden, denn der Sender ist während eines Beutezuges größtenteils unter Wasser.

Die zeitliche Erfassung von Anfang und Ende eines Beutezuges mittels Satellitendaten erfolgte anhand von Tagen zwischen denen die Signalanzahl pro Tag über der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag lag. Diese wurden als Anfangs- bzw. Endtag eines Beutezuges definiert. Als Anfangszeitpunkt wurde das letzte Signal des Anfangstages und als Endzeitpunkt das erste Signal des Endtages eines Beutezuges verwendet. Es wurde bereits darauf hingewiesen (2.2.7), dass es sich hier nur im weitesten Sinne um wirkliche Zeitpunkte handelt. Denn nur innerhalb eines durchschnittlich 10 min dauernden Überflugs eines Satelliten ist die Datenübertragung möglich. In der Region südliche Nordsee kommt es zu ca. 12 Überflügen pro Tag. Die Überflüge geschehen jedoch nicht in regelmäßigen Intervallen. Selbst unter der Voraussetzung eines regelmäßigen Satellitensystems, muss das Unregelmäßige Verhalten der Tiere in Betracht gezogen werden (Anhang 10). Unter diesen Umständen ist der durchschnittliche Abweichungsbetrag von 1 Tag +/- 1,2 Tagen mit der die Signalmethode Beutezüge *richtig erfasst* bemerkenswert.

Die Asymmetrie zugunsten negativer Abweichungen bzw. zu einer Überschätzung von Beutezugdauern durch die Signalmethode, die sich bei der Analyse des Datensatzes ergab, ist vermutlich auf die zu geringe Stichprobenzahl zurückzuführen (Abb.13). Die Bildung eines durchschnittlichen Abweichungsbetrags zur Ermittlung des Fehlers mit der die Signalmethode Beutezüge *richtig erfasst*, scheint in diesem Sinne gerechtfertigt und sinnvoll. Zur Überprüfung, ob die Signalmethode eventuell doch dazu tendiert, Beutezugdauern zu überschätzen, müsste ein weiterer beidseitiger Datensatz analysiert werden.

Die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST) wurde anhand des 1. Datensatzes der 526 Tage umfasste mit einem Wert von $2,8 \pm 3,5$ Signalanzahl pro Tag bestimmt. Für den 2. Datensatz der 884 Tage umfasste ergab sich eine durchschnittliche Signalanzahl pro Tag (DST 2) die $2,7 \pm 3,7$ Signalen pro Tag beträgt. Aufgrund des insgesamt 1410 Tage umspannenden Untersuchungszeitraums kann davon ausgegangen werden, dass sich bei der Analyse weiterer Datensätze wahrscheinlich keine großartige Veränderung bezüglich des DST Wertes ergeben wird.

Aus den Berechnungen (siehe 3.2.1 & 3.6.1) der individuellen durchschnittlichen Signalanzahlen pro Tag (IDST) ergeben sich folgende Vermutungen. Die Seehunde mit einer geringen durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag tendieren vermutlich dazu, während der Beutezüge nur wenige Ruhephasen an der Wasseroberfläche zu machen und verbringen wahrscheinlich generell mehr Zeit im Wasser als Seehunde mit einer hohen individuellen durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag. Ob Seehunde mit einer niedrigen IDST tatsächlich ein solches Verhalten zeigen, müsste anhand der Vermessung von Ruhephasen und Haulout Zeiten für die untersuchten Seehunde überprüft werden.

Die guten Korrelationen zwischen individueller durchschnittlicher Signalanzahl pro Tag (Abb.14 & Abb.17) und Standardabweichung lassen vermuten, dass Seehunde mit einer geringen durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag von dem damit vermutlich in Verbindung stehendem Verhalten weniger abweichen. Deshalb kann es insbesondere bei diesen Tieren sinnvoll sein, die IDST der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag (DST) bei der Anwendung der Signalzählmethode vorzuziehen. Die Korrelation des ersten Datensatzes, welche ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,79$ aufweist und die Korrelation des zweiten Datensatzes welche ein noch stärkeres Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,90$ aufweist, zeigen dass eine weitere Untersuchung mit Signifikanztests hier sehr sinnvoll ist. Es könnten zunächst die beiden Datensätze kombiniert werden. Dann müsste jedoch die Stichprobe vergrößert werden, denn es sind insgesamt nur 18 Tiere untersucht worden. Keiner der untersuchten Seehunde des 2. Datensatzes zeigte eine IDST, die kleiner ist als die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag.

Im Falle des Individuums LP 1 (IDST = 0,8) führte die Verwendung der IDST zu einer Steigerung des prozentualen Anteils *richtig erfasster* Beutezüge um 34 % (siehe 3.2.1) und zu einer Verringerung des prozentualen Anteils *nicht erfasster* Beutezüge um 22 % (siehe 3.2.2). Ob die Verwendung der IDST bei der Anwendung der Signalzählmethode bei Tieren mit niedrigen IDST Werten gegenüber der DST im Allgemeinen vorzuziehen ist, bedarf der Überprüfung.

Keiner der untersuchten Seehunde des 2. Datensatzes zeigte eine IDST, die kleiner ist als die durchschnittliche Signalanzahl pro Tag. Auf der Grundlage (siehe unten), dass sich unter Anwendung der über der DST liegenden IDST Werte bei der Anwendung der Signalzählmethode wahrscheinlich keine Steigerung der Anzahl *richtig erfasster* Beutezüge ergeben würde, wurde auf eine solche Anwendung beim 2. Datensatz verzichtet, da sich die daraus resultierenden Ergebnisse anhand dieses einseitigen Datensatzes nicht überprüfen lassen.

Im Falle des Individuums DK 5 (IDST = 3,5) führte die Verwendung der IDST zu einer Verringerung des prozentualen Anteils *richtig erfasster* Beutezüge um 7 % (siehe 3.2.1) und zu einer Steigerung des prozentualen Anteils *nicht erfasster* Beutezüge um 7 % (siehe 3.2.2).

Es könnte sein, dass Tiere mit hohen IDST Werte während der Beutezüge viele und/oder ausgiebige Ruhepausen an der Wasseroberfläche machen und generell mehr Zeit an Land verbringen als Seehunde mit einer niedrigen individuellen durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag und dass deshalb die Verwendung der IDST nicht zu einer besseren Erfassung von Beutezügen führt. Dem widerspricht auf den ersten Blick die Tatsache, dass es bei dem Individuum DK 1 (IDST=3.7) unter Verwendung der IDST bei der Anwendung der Signalzählmethode nicht zu einer Veränderung des prozentualen Anteils *richtig* und *nicht erfasster* Beutezüge kam. Dennoch bedarf diese Hypothese der Prüfung mit oben genannten Mitteln.

Es zeigt sich, dass *nicht erfasste Beutezüge* in der Regel kürzer als 2,3 Tage dauern (siehe 3.3.2). Ausnahmen sind die Beutezüge 6 – 9 des Individuums LP 1. Diese relativ langen Beutezüge wurden im speziellen nicht erfasst, da über einen Zeitraum von mehreren Monaten vom Satellitensender kein bis nur ein Signal pro Tag registriert wurde. Wenn dies der Fall ist kann über die Anzahl und Dauer von Beutezügen innerhalb dieses Zeitraums keine Aussage gemacht werden. Der längste mit Loggerdaten vermessen Beutezug beträgt 16,5 Tage(siehe 3.3.1). Es kann davon ausgegangen werden, dass Beutezüge, die über 20 Tage dauern, gerade weil die untersuchten Seehunde im Untersuchten Gebiet nur relativ kurze Strecken zu ihren Nahrungsgründen zu bewältigen haben sehr unwahrscheinlich sind.

Für *nicht erfasste* Beutezüge ergab sich eine durchschnittliche Dauer [DBZD (NE)*] von 1,3 +/- 0,6 Tagen (siehe 3.4.2.1). Diese Tatsache hängt damit zusammen, dass die Signalzählmethode prinzipiell nicht in der Lage ist Beutezüge zu bestimmen, die kürzer als einen Tag dauern, denn sie bestimmt Beutezüge auf der Grundlage von zwischen Anfangs- und Endtagen liegenden Tagen, welche eine Signalanzahl, die unterhalb der durchschnittlichen Signalanzahl pro Tag liegt, aufweisen (siehe 2.2.7). Ähnlich wie die *nicht erfassten* Beutezüge weisen die *fehlerhaft erfassten* Beutezüge eine relativ kurze Dauer von durchschnittlich 2 +/- 0.8 Tagen auf (siehe 3.4.2.2). Unternimmt ein Seehund beispielsweise einen Beutezug mittlerer Dauer oder verlässt seine Sandbank während des Hochwassers, kann die Signalanzahl an diesem Tag unter die DST sinken, so dass fehlerhafter Weise ein längerer Beutezug registriert wird (siehe Orthmannsche Defintion weiter oben). Von der Signalzählmethode fälschlicherweise *unterteilte* Loggerdaten-Beutezüge sind mit durchschnittlich 12,6 +/- 2,6 Tagen relativ lang (siehe 3.4.2.2). Von dieser Längenklasse wurde nur ein Beutezug mittels MT DIVE vermessen (Abb.8). Da mit zunehmender Dauer eines Beutezuges die Wahrscheinlichkeit für längere Ruhephasen auf See steigt, kommt es wahrscheinlich auch an bestimmten Tagen zu einer Übermittlungsanzahl von Signalen die oberhalb der DST liegt und damit zur Erfassung mehrerer Beutezüge innerhalb eines tatsächlich stattfindenden Loggerdaten-Beutezuges. Diese als einzeln registrierte Beutezüge innerhalb eines Loggerdaten-Beutezuges weisen eine durchschnittliche Länge von 4,6 +/- 2,5 Tagen auf. Sie bewegen sich damit im Bereich der Dauer durchschnittlich *richtig erfasster* Beutezüge die 4,7 +/- 2,9 Tage beträgt. Beutezüge dieser Dauer werden vermutlich am besten erfasst, da die Seehunde innerhalb dieser Zeit keine ausgiebigen Ruhephasen an der Wasseroberfläche zur Erholung brauchen. Ein von der Signalzählmethode fälschlicherweise als *zusammenhängend* erfasster Beutezug hat eine durchschnittliche Länge von 8,6 +/- 1,2 Tagen (siehe 3.4.2.2). Die nicht aufgelösten Loggerdaten-Beutezüge innerhalb dieses fälschlicherweise als *zusammenhängend* gewerteten Beutezuges zeigen eine Länge von durchschnittlich 2 +/- 1 Tagen auf. Diese Beutezüge können von der Signalzählmethode nur schwierig aufgelöst werden, da sie sich wie die *nicht erfassten Beutezüge* an der prinzipiellen Erfassbarkeitsgrenze der Methode bewegen.

Die durchschnittliche Beutezugdauer, berechnet anhand von allen 73 (siehe Anhang 5) mit Satellitendaten erfassten Beutezügen, beträgt 4,7 Tage und erfasst mit der Standardabweichung von $\pm 3,0$ Tagen die 4,2 $\pm 3,3$ Tage dauernde durchschnittliche Beutezugdauer bestimmt anhand von 85 Loggerdaten-Beutezügen (Tab.15). Dies zeigt, dass dieser Parameter für den 1. Datensatz auch ohne Aussortierung von eventuell *nicht richtig erfassten* Beutezügen hinreichend gut bestimmt werden konnte, denn sie unterscheidet sich nur minimal von der anhand von 58 *richtig erfassten* Beutezügen bestimmten durchschnittlichen Beutezugdauer, welche 4,6 $\pm 4,7$ Tage beträgt. Die durchschnittliche Beutezugdauer für den 2. Datensatz beträgt 4,7 $\pm 4,8$ Tage. Die durchschnittliche Beutezugdauer von um die 4 Tage scheint spezifisch für die Situation der Seehunde im Untersuchungsgebiet zu sein. Als individueller Vergleichswert eignet sie sich allerdings nur schlecht. Und im speziellen ist sie in dieser Arbeit sehr kritisch zu beurteilen, da sich die Individuen hinsichtlich der Anzahl untersuchter Tage und Beutezüge unterschieden. Eine zufällige Auswahl einer bestimmten Anzahl von Beutezügen für jedes Individuum, erfolgte in dieser Arbeit nicht, da die Beutezuganzahlen dafür größten Teils zu gering waren. Ein solches Verfahren, könnte die durchschnittliche Beutezugdauer auch auf individueller Ebene vergleichbar machen. Auf allgemeiner Ebene bleibt die durchschnittliche Beutezugdauer gerade in Hinblick auf das Verhalten der Seehunde anderer Regionen interessant.

Für die Korrelation von individueller durchschnittlicher Beutezugdauer und Standardabweichung in Bezug auf den 1. Datensatz ergab sich für Loggerdaten ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,58$ und für Satellitendaten ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,33$ (siehe Anhang 4). Unter der Voraussetzung das tatsächlich nur eine schwache Korrelation dieser Parameter besteht, bedeutet dies konkret, dass Seehunde von der *für sie berechneten* durchschnittlichen Beutezugdauer zufällig abweichen. Es ist anzunehmen, dass das Beutezugverhalten der Seehunde aufgrund sich wechselnder Umweltbedingungen wie z.B. Wanderrouten bevorzugter Beutefische variabel ist. Obwohl sich Seehunde opportunistisch Ernähren, ist zumindest bekannt, dass erwachsene Tiere größere Fische bevorzugen⁵. Ob tatsächlich keine Korrelation zwischen individueller durchschnittlicher Beutezugdauer und Standardabweichung besteht, müsste anhand von Signifikanztests überprüft werden. Diese wären jedoch erst für eine größere Stichprobe wirklich aussagekräftig.

Die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat beträgt anhand des 1. Datensatzes für Loggerdaten $4,8 \approx 5$ Beutezüge pro Monat und für Satellitendaten $4,2 \approx 4$ Beutezüge pro Monat, dies entspricht einer Abweichung bei der Bestimmung von $0,7 \approx 1$ Tag (siehe 3.5). Dies entspricht einem 20 % Fehler bei der Erfassung dieses Parameters durch die Signalmethode. Die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat beträgt für den 2. Datensatz 4,1 pro Monat (siehe 3.6.3).

Die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat ermöglicht in dieser Arbeit einen besseren Vergleich auf individueller Ebene. Allerdings schlägt sich in ihr auch die Unterschiedlichkeit hinsichtlich der Untersuchungstage der einzelnen Seehunde nieder. Sie gibt Auskunft darüber wie viel Beutezüge ein Tier in einem Monat unternimmt. Sie sagt jedoch nichts über die Dauer dieser Beutezüge aus. Eine Gemeinsamkeit der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat mit der durchschnittlichen Beutezugdauer ist die mögliche Relevanz in Bezug auf den Vergleich mit Seehunden anderer Regionen. In diesem Sinne wäre es interessant zu wissen, ob Seehunde anderer Regionen von einer für das schleswig-holsteinische Wattenmeer, allerdings nur anhand von einer geringen Stichprobe bestimmten, durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat von um die 5 Beutezügen abweichen

5. Zusammenfassung

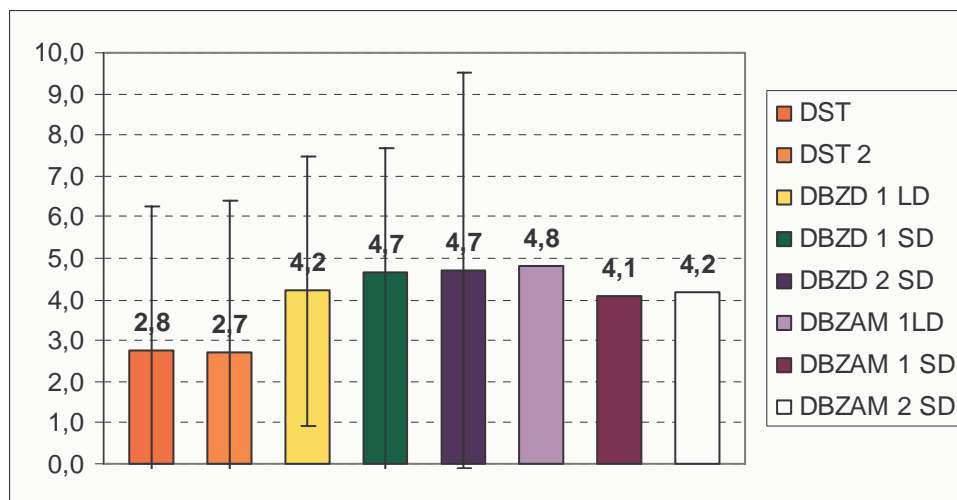


Abb. 23 Zeigt eine Übersicht der wichtigsten Messparameter auf Basis der Analyse des 1. und 2. Datensatzes. Für Abkürzungen, siehe Abkürzungsverzeichnis II.

Im Zuge dieser Arbeit konnte eine Methode zur Bestimmung von Beutezügen und deren Dauer entwickelt werden. Sie basiert darauf, dass an Tagen, an denen sich mit Satellitensendern ausgerüstete Seehunde auf einem Beutezug befinden nur wenige Übermittlungen des Senders erfolgen. Die Bestimmung von Beutezügen erfolgte über die Bildung eines Schwellenwertes, die durchschnittliche Anzahl an Signalen pro Tag. Es wurden in die Bildung dieses Schwellenwertes auch Übermittlungen einbezogen, welche nicht zu einer Positionsbestimmung verwendet werden konnten. Sobald die Signale an einem Tag unter diesen Schwellenwert sinken befindet sich ein Seehund wahrscheinlich auf einem Beutezug. Der Schwellenwert wurde zwei Mal unabhängig voneinander bestimmt. Für beide dafür verwendeten Datensätze ergab sich ein zwischen zwei und drei Übermittlungen pro Tag liegender Wert. Es konnten 68 % der mit der so genannten Signalzählmethode bestimmten Beutezüge tatsächlich stattfindenden Beutezügen zugeordnet werden. Die tatsächlichen Beutezüge wurden anhand von Fahrtenschreiberdaten und mittels der Software MT DIVE bestimmt. Die durchschnittliche Abweichung mit der die Signalzählmethode Beutezüge richtig erfasst beträgt ungefähr einen Tag.

Im Weiteren wurden zwei Messparameter gebildet, die Aufschluss über das Beutezugverhalten der Seehunde, des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres und des angrenzenden Seegebietes geben. Beide Messparameter können für die Charakterisierung von Individuen und Populationen herangezogen werden. Der eine Parameter ist die durchschnittliche Beutezugdauer, der andere die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat. In dieser Arbeit erwies sich die durchschnittliche Beutezugdauer auf individueller Ebene als problematisch, da für die untersuchten Seehunde unterschiedlich viele Tage untersucht wurden und unterschiedlich viele Beutezüge bestimmt wurden. Dieser Messparameter wurde insgesamt für drei Datensätze bestimmt und zwar für einen Datensatz der auf Loggerdaten basiert und für zwei Datensätze, die auf Satellitendaten basieren von denen der zweite den Untersuchungszeitraum verlorener Fahrtenschreiber umfasst.

Insgesamt wurden die Daten von 1410 Tagen analysiert. Die durchschnittliche Beutezugdauer wurde auf allgemeiner Ebene für alle der Datensätze mit einem Wert zwischen 4-5 Tagen bestimmt. Es wäre interessant zu wissen, welche Werte sich für die Seehundpopulationen anderer Gebiete ergeben und ob diese Beutezugdauer mit der relativen Nähe, der Nahrungsgründe signifikant korreliert. Der zweite Messparameter ist die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat der für alle der drei Datensätze zwischen 4-5 Beutezügen pro Monat liegt. Die Bildung der durchschnittlichen Beutezuganzahl pro Monat geschah während dieser Arbeit um auf individueller Ebene einen besseren Vergleich anstellen zu können. Diese schwankte auf individueller Ebene sowohl für Logger- als auch für Satellitendaten zwischen 1 bis 6 Beutezügen pro Monat. Die durchschnittliche Beutezuganzahl pro Monat sagt naturgemäß nichts über die Dauer der von einem Individuum innerhalb eines Monats ausgeführten Beutezüge aus. Durchschnittliche Beutezugdauer und durchschnittliche Beutezuganzahl können für die Analyse des Beutezugverhaltens eines bestimmten Seehundes, unter der Voraussetzung, dass die Anzahl untersuchter Beutezüge gleich hoch ist, von großem Nutzen sein. Wie bei der durchschnittlichen Beutezugdauer ist es für die durchschnittliche Beutezuganzahl von Interesse zu wissen, welchen Wert dieser Parameter bei Seehundpopulationen anderer Verbreitungsgebiete einnimmt.

Zur kritischen Überprüfung der mit der Signalzählmethode gewonnenen Ergebnisse des 2. Datensatz wurden die Verteilung des 1. Datensatzes, die Extremwertanalyse, die Beutezugsignalanalyse und der Gezeitenkalender gebraucht. Nach Anwendung dieser Werkzeuge ergab sich, dass von den 121 mit der Signalzählmethode erfassten Beutezügen wahrscheinlich 70 % *richtig* und 30 % *nicht richtig erfasst* wurden.

6. Fazit

Die Anwendung der Signalzählmethode auf die Satellitendaten der im Zuge des MINOS Projektes verloren gegangenen Fahrtenschreiber, kann wie im Zuge dieser Arbeit gezeigt wurde, diese Daten so nutzbar machen, dass Aussagen über die Anzahl und Dauer von Beutezügen für die entsprechenden Seehunde gemacht werden können. Außerdem lassen sich die mit der Methode bestimmten Beutezüge mit Hilfe von Werkzeugen als *richtig* und *nicht richtig erfasst* klassifizieren.

6 Literaturverzeichnis

- (1) <http://de.wikipedia.org/wiki/Seehund>
- (2) Adelung, D., Liebsch, N., Wilson, R.P., MINOS - Seehunde in der deutschen Nordsee und im Wattenmeer: Verbreitung und Verhalten
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/adelung_15.pdf
- (3) www.pinnipeds.org
- (4) Müller, G., Adelung, D., Liebsch, N., From long and deep to short and shallow: how a harbour seal pup influences the diving behaviour of its mother
http://www.minos-info.de/material/pub/gmueller_ecs2006a.pdf
www.minos-info.de/minos1_download_poster.htm
- (5) Behrends, G. (1985), Zur Nahrungswahl von Seehunden (*Phoca vitulina*) im Wattenmeer Schleswig-Holsteins. Z. Jagdwiss. 31, 3- 14
- (6) Orthmann, T. (2000), Telemetrische Untersuchungen zur Verbreitung, zum Tauchverhalten und zur Tauchphysiologie von Seehunden, *Phoca vitulina vitulina*, des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres
- (7) Sullivan, R.M., Agonistic Behavior and Dominance Relationships in the Harbor Seal, *Phoca vitulina*, *Journal of Mammalogy*, Vol. 63, No. 4 (Nov., 1982), pp. 554-569
- (8) Harkonen, T., Harding, K.C., Lunneryd, S.G., Age- and Sex-Specific Behaviour in Harbour Seals *Phoca vitulina* Leads to Biased Estimates of Vital Population Parameters, *The Journal of Applied Ecology*, Vol. 36, No. 5 (Oct., 1999), pp. 825-841
- (9) Sullivan, R.M., Aquatic Displays and Interactions in Harbor Seals, *Phoca vitulina*, with Comments on Mating Systems *Journal of Mammalogy*, Vol. 62, No. 4 (Nov., 1981), pp. 825- 831
- (10) Adelung, D., Liebsch, N., Wilson, R.P., Telemetrische Untersuchung zur räumlichen und zeitlichen Nutzung des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres und des angrenzenden Seegebietes durch Seehund (*Phoca vitulina vitulina*) in Hinblick auf die Errichtung von Offshore-Windparks
- (11) http://www.koordinaten.de/cgi-ko/koordinaten_entfernung.cgi

7. Anhang:

(1)

Tab. 1 Zeigt die untersuchten Seehunde mit den ihnen im Zuge des Minos Projektes zugeordneten Kennziffern. Im Zuge dieser Arbeit wurden die Kennziffern in Individuennummern (ID) umgewandelt. DK = Seehunde die im dänischen Nordseeraum markiert wurden. LP = Seehunde die im norddeutschen Nordseeraum markiert wurden.

Jahr	Kennziffer	ID	Name	Geschlecht
2004	47759	DK 1	Soeren	m
2004	47740	DK 2	Magnus	m
2004	47744	DK 3	Jesper	m
2004	47742	DK 4	Morten	m
2005	55290	DK 5	Niels	m
2006	55288	DK 6		
2005	55292	DK 7		
2005	55293	DK 8		
2005	55287	DK 9		
2004	47748	LP 1	Svenja	w
2004	47755	LP 2	Annika	w
2004	47763	LP 3	Fehmke	w
2005	47742	LP 4	Lasse	m
2005	47753	LP 5	Klaas	m
2006	47760	LP 6		
2005	47749	LP 7		
2005	47743	LP 8		
2005	47752	LP 9		

(2)

Tab. 2 Zeigt die Seehundausrüstungsaktion des Minos Plus Projektes im Jahre 2005

	Lorenzenplate	Helgoland	Rømø	zusammen
Ausrüstungstermin	12.04.2005	13.04.2005	19.03.2005	
Männchen	5	-	8	13
Weibchen	3	2	-	5
Zurück erhalten	5	2	3	10
Ausrüstungstermin	12.10.2005	27.09.2005	26.11.2005	
Männchen	2	3	1	6
Weibchen	3	-	1	4
Zurück erhalten	4	2	-	6
Ausgerüstet total	13	5	10	28
Zurück total	9	4	3	16

(3)

Tab. 3 Zeigt die Dauer (BZD) der 85 mit Loggerdaten vermessenen Beutezüge.

Seehund	BZ Nr.	BZD LD
DK 1	1	5.2
DK 1	2	9.7
DK 1	3	6.3
DK 1	4	9.7
DK 1	5	7.2
DK 1	6	6.0
DK 1	7	6.5
DK 1	8	4.9
DK 1	9	2.5
DK 1	10	3.1
DK 2	1	5.9
DK 2	2	3.2
DK 2	3	4.7
DK 2	4	5.4
DK 3	1	6.3
DK 3	2	2.5
DK 3	3	7.8
DK 3	4	2.6
DK 3	5	2.0
DK 3	6	7.2
DK 3	7	15.2
DK 3	8	3.1
DK 4	1	4.4
DK 4	2	3.7
DK 4	3	6.3
DK 4	4	3.2
DK 4	5	2.7
DK 4	6	5.6
DK 4	7	2.6
DK 4	8	2.6
DK 4	9	2.3
DK 4	10	3.0
DK 4	11	4.4
DK 4	12	2.6
DK 5	1	2.6
DK 5	2	6.3
DK 5	3	2.9
DK 5	4	3.8
DK 5	5	2.0
DK 5	6	1.0
DK 5	7	1.8
DK 5	8	7.3
DK 5	9	3.4
DK 5	10	3.7
DK 5	11	6.1
DK 5	12	3.8
DK 5	13	3.3
DK 5	14	3.7

Seehund	BZ Nr.	BZD LD
LP 1	1	0.9
LP 1	2	4.6
LP 1	3	3.7
LP 1	4	1.0
LP 1	5	1.7
LP 1	6	4.8
LP 1	7	6.8
LP 1	8	5.0
LP 1	9	4.8
LP 2	1	4.9
LP 2	2	12.2
LP 2	3	10.3
LP 3	1	4.3
LP 3	2	2.7
LP 3	3	5.4
LP 3	4	5.2
LP 4	1	0.8
LP 4	2	0.9
LP 4	3	0.8
LP 4	4	1.0
LP 4	5	0.9
LP 4	6	0.3
LP 4	7	1.3
LP 4	8	2.7
LP 4	9	0.5
LP 4	10	1.2
LP 4	11	0.5
LP 4	12	1.8
LP 4	13	2.1
LP 4	14	1.3
LP 4	15	1.3
LP 4	16	0.3
LP 4	17	1.1
LP 4	18	1.4
LP 4	19	2.2
LP 5	1	16.5
LP 5	2	16.3

durchschnittliche Beutezugdauer nach Loggerdaten

$$[DBZD(LD)] = 4,2 \text{ +/- } 3,3 \text{ Tage}$$

(4)

Tab. 4 Zeigt die individuellen durchschnittlichen Beutezugdauern (IDBZD) und deren Standardabweichungen.

Seehund	IDBZD (LD)	STABW
DK 1	6.10	2.39
DK 2	4.80	1.16
DK 3	5.84	4.14
DK 4	3.63	1.29
DK 5	3.69	1.78
LP 1	3.69	2.05
LP 2	9.14	3.76
LP 3	4.39	1.51
LP 4	1.19	1.07
LP 5	16.38	0.11

Seehund	IDBZD (SD)	STABW
DK 1	6.4	2.3
DK 2	4.8	0.9
DK 3	3.9	1.9
DK 4	4.4	2.0
DK 5	3.7	1.2
LP 1	4.0	1.6
LP 2	4.6	1.2
LP 3	3.6	1.0
LP 4	2.4	1.0
LP 5	16.4	0.1

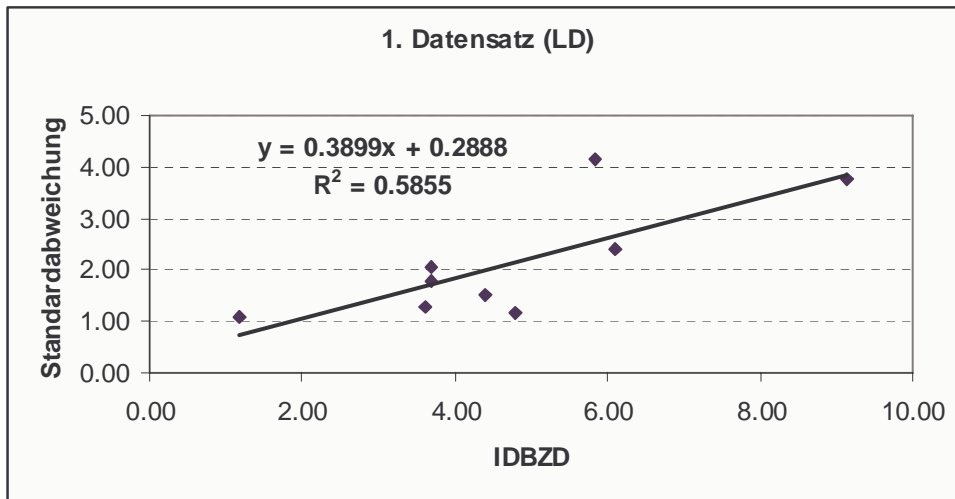


Abb. 4 Zeigt die Korrelation von individueller durchschnittlicher Beutezugdauer (IDST) und ihrer Standardabweichungen auf Basis der Loggerdaten des 1. Datensatzes. Mit Ausnahme der IDBZD des Seehundes LP 5.

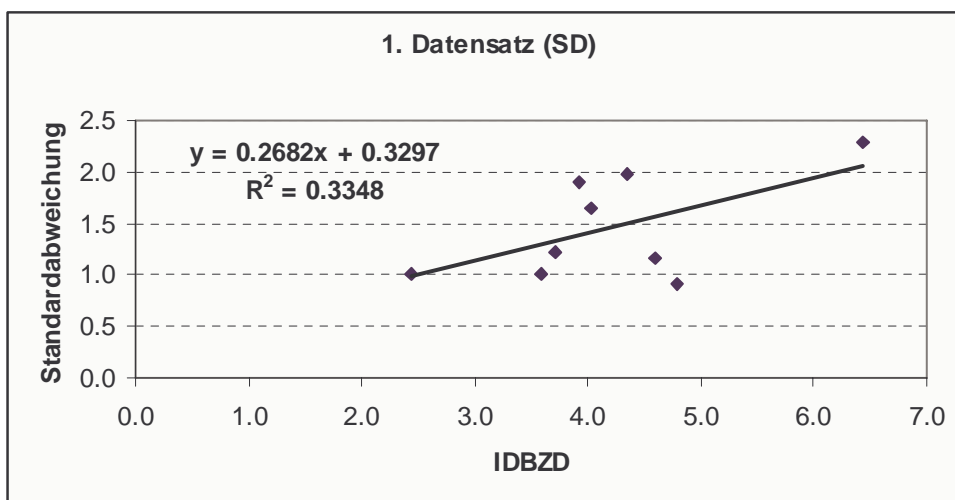


Abb. 5 Zeigt die Korrelation von individueller durchschnittlicher Beutezugdauer (IDST) und ihrer Standardabweichungen auf Basis der Satellitendaten des 1. Datensatzes. Mit Ausnahme der IDBZD des Seehundes LP 5.

(5)

Tab. 5 Zeigt die Dauer (BZD) der 73 mit der Signalmethode bestimmten Beutezüge des 1. Datensatzes.

Seehund	BZ Nr.	BZD (SD)
DK 1	1	5.5
DK 1	2	10.1
DK 1	3	6.7
DK 1	4	9.9
DK 1	5	7.0
DK 1	6	6.3
DK 1	7	6.7
DK 1	8	5.7
DK 1	9	3.2
DK 1	10	3.4
DK 2	1	5.3
DK 2	2	3.5
DK 2	3	4.9
DK 2	4	5.4
DK 3	1	1.5
DK 3	2	3.8
DK 3	3	5.9
DK 3	4	2.3
DK 3	5	5.9
DK 3	6	3.4
DK 3	7	4.0
DK 3	8	7.5
DK 3	9	1.9
DK 3	10	1.7
DK 3	11	5.5
DK 4	1	2.2
DK 4	2	4.6
DK 4	3	5.3
DK 4	4	3.3
DK 4	5	3.3
DK 4	6	6.0
DK 4	7	3.4
DK 4	8	3.9
DK 4	9	2.9
DK 4	10	3.5
DK 4	11	9.3
DK 5	1	2.4
DK 5	2	5.2
DK 5	3	2.8
DK 5	4	4.0
DK 5	5	2.5
DK 5	6	1.4
DK 5	7	2.6
DK 5	8	4.2
DK 5	9	9.9
DK 5	10	2.2
DK 5	11	5.5
DK 5	12	2.9
DK 5	13	2.7

DK 5	14	3.6	
Seehund	BZ Nr.	BZD (SD)	
LP 1	1	2.01	
LP 1	2	4.34	
LP 1	3	1.44	
LP 1	4	8.36	
LP 1	5	4.03	
LP 1	6	8.58	
LP 1	7	2.34	
LP 1	8	3.77	
LP 1	9	4.24	
LP 2	1	3.92	
LP 2	2	3.53	
LP 2	3	3.55	
LP 2	4	1.38	
LP 2	5	5.56	
LP 3	1	3.92	
LP 3	2	3.53	
LP 3	3	3.55	
LP 3	4	1.38	
LP 3	5	5.56	
LP 4	1	3.47	
LP 4	2	1.88	
LP 4	3	1.31	
LP 4	4	3.09	
LP 4	5	7.6	
LP 4	6	1.87	
LP 4	7	2.54	
LP 5	1	16.54	
LP 5	2	16.35	

durchschnittliche Beutezugdauer nach Satellitendaten

$$[DBZD(SD1)] = 4,6 \pm 2,9 \text{ Tage}$$

(6)

Tab. 6 Zeigt die Dauer (BZD) der 121 mit der Signalzählmethode bestimmten Beutezüge des 2. Datensatzes.

Seehund	BZ Nr.	BZD SD
DK 6	1	9,53
DK 6	2	8,87
DK 6	3	1,78
DK 6	4	30,35
DK 6	5	6,46
DK 6	6	28,99
DK 6	7	1,82
DK 6	8	2,83
DK 6	9	1,81
DK 6	10	1,83
DK 6	11	1,82
DK 6	12	1,87
DK 6	13	9,92
DK 7	1	8,05
DK 7	2	1,5
DK 7	3	3,57
DK 7	4	8,51
DK 7	5	11,68
DK 7	6	11,46
DK 7	7	2,93
DK 7	8	8,74
DK 7	9	1,78
DK 7	10	1,62
DK 7	11	2,95
DK 7	12	1,45
DK 7	13	1,98
DK 7	14	1,89
DK 7	15	4,06
DK 7	16	5,48
DK 7	17	3,62

Fortsetzung DK auf der nächsten Seite.

LP 6	1	2,65
LP 6	2	5,5
LP 6	3	2,93
LP 6	4	2,98
LP 6	5	1,64
LP 6	6	14,71
LP 6	7	4,27
LP 6	8	2,52
LP 6	9	3,83
LP 6	10	6,87
LP 6	11	2,87
LP 6	12	3,22
LP 6	13	10,92
LP 6	14	4,92
LP 6	15	1,87
LP 6	16	1,93
LP 6	17	8,95
LP 7	1	3,65
LP 7	2	2,56
LP 8	1	21,73
LP 8	2	1,5
LP 8	3	16,93
LP 8	4	6,31
LP 8	5	2,05
LP 8	6	1,86
LP 8	7	7,98
LP 8	8	4,48
LP 9	1	2,3
LP 9	2	2,62
LP 9	3	18,26
LP 9	4	2,88
LP 9	5	4,78
LP 9	6	1,97
LP 9	7	1,74
LP 9	8	3,9
LP 9	9	6,54
LP 9	10	1,47
LP 9	11	3,84

durchschnittliche Beutezugdauer nach Satellitendaten

$$[DBZD(SD2)] = 4,7 \pm 4,8 \text{ Tage}$$

DK 8	1	5,95
DK 8	2	2,8
DK 8	3	3,78
DK 8	4	2,2
DK 8	5	5,99
DK 8	6	4,61
DK 8	7	6,54
DK 8	8	9,29
DK 8	9	6,48
DK 8	10	4,66
DK 8	11	2,36
DK 8	12	2,61
DK 8	13	1,27
DK 8	14	3,49
DK 8	15	2,61
DK 8	16	2,76
DK 8	17	3,18
DK 8	18	2,69
DK 8	19	2,8
DK 8	20	2,65
DK 8	21	3,63
DK 8	22	2,88
DK 8	23	1,39
DK 8	24	3,05
DK 8	25	1,95
DK 8	26	2,09
DK 8	27	3,28
DK 9	1	2,61
DK 9	2	4,67
DK 9	3	4,45
DK 9	4	1,21
DK 9	5	3,45
DK 9	6	1,54
DK 9	7	1,72
DK 9	8	8,69
DK 9	9	1,63
DK 9	10	2,19
DK 9	11	4,73
DK 9	12	1,42
DK 9	13	2,56
DK 9	14	2,33
DK 9	15	6,54
DK 9	16	1,71
DK 9	17	3,68
DK 9	18	1,84
DK 9	19	1,82
DK 9	20	1,97
DK 9	21	1,71
DK 9	22	2,06
DK 9	23	1,88
DK 9	24	1,98
DK 9	25	1,61
DK 9	26	4,38

(7)

Tab. 7 Zeigt die Kombination der Ergebnisse der Analyse beider Datensätze auf individueller und zum Teil auf allgemeiner Ebene. Die Werte des zweiten Datensatzes sind orange markiert. Die rot markierten Felder symbolisieren die für diesen Datensatz fehlenden Loggerdaten-Werte.

ID	AUT	AUM	BZA LD	BZA SD	DBZAM LD	DBZAM SD	DBZD LD	DBZD SD	IDA BZD	IDST
DK 1	94	3,1	10	10	3,2	3,2	6,1	6,4	0,4	3,7
DK 2	27	0,9	4	4	4,4	4,4	4,8	4,8	0,2	2,6
DK 3	65	2,2	8	11	3,7	5,1	5,8	3,9	2,0	2,8
DK 4	65	2,2	12	11	5,5	5,1	3,6	4,4	1,4	2,6
DK 5	79	2,6	14	14	5,3	5,3	3,7	3,7	0,7	3,5
DK 6	150	5,0		13		2,6		8,3		1,5
DK 7	122	4,1		17		4,2		4,8		2,6
DK 8	154	5,1		27		5,3		3,6		3,6
DK 9	132	4,4		26		5,9		2,9		4,0
LP 1	45	1,5	9	4	6,0	2,7	3,7	4,0	0,7	0,8
LP 2	31	1,0	3	5	2,9	4,8	9,1	4,6	0,9	2,5
LP 3	25	0,8	4	5	4,8	6,0	4,4	3,6	0,9	2,0
LP 4	38	1,3	19	7	15,0	5,5	1,2	3,1	1,6	2,1
LP 5	57	1,9	2	2	1,1	1,1	16,4	16,4	0,1	2,9
LP 6	114	3,8		17		4,5		4,9		1,8
LP 7	36	1,2		2		1,7		3,1		1,4
LP 8	106	3,5		8		2,3		7,9		2,7
LP 9	70	2,3		11		4,7		4,6		3,2

(8)

Tab. 8 Zeigt sämtliche Beutezüge des 2. Datensatzes. Die Farbmarkierungen der Beutezüge folgen denen in Abb. 21. GZK = Gezeitenkalender. ✓ = *richtig erfasster* Beutezug, ✗ = *nicht richtig erfasster* Beutezug; Total bezieht sich auf die abschließende Beurteilung eines Beutezuges mittels Gezeitenkalender und Beutezugsignalanalyse.

Seehund	BZ Nr.	BZD SD	GZK	Total
DK 9	4	1,21	✓	☑
DK 8	13	1,27	✗	✗
DK 8	23	1,39	✓	✓
DK 9	12	1,42	✗	☑
DK 7	12	1,45	✗	☒
LP 9	10	1,47	✓	☒
DK 7	2	1,5	✗	☒
LP 8	2	1,5	✓	☑
DK 9	6	1,54	✓	☑
DK 9	25	1,61	✓	☑
DK 7	10	1,62	✗	☒
DK 9	9	1,63	✗	☒
LP 6	5	1,64	✓	☑
DK 9	16	1,71	✓	☑
DK 9	21	1,71	✗	☒
DK 9	7	1,72	✗	☒
LP 9	7	1,74	✓	☑
DK 6	3	1,78	✗	☒
DK 7	9	1,78	✓	☑
DK 6	9	1,81	✗	☒
DK 6	7	1,82	✗	☒
DK 6	11	1,82	✗	☒
DK 9	19	1,82	✓	☑
DK 6	10	1,83	✗	☒
DK 9	18	1,84	✓	☑
LP 8	6	1,86	✗	☒
DK 6	12	1,87	✓	☑
LP 6	15	1,87	✗	☒
DK 9	23	1,88	✗	☒
DK 7	14	1,89	✗	☒
LP 6	16	1,93	✗	☒
DK 8	25	1,95	✓	☑
DK 9	20	1,97	✓	☑
LP 9	6	1,97	✓	☑
DK 7	13	1,98	✗	☒
DK 9	24	1,98	✓	☑
LP 8	5	2,05	✗	☒
DK 9	22	2,06	✓	☑
DK 8	26	2,09	✓	☑
DK 9	10	2,19	✗	☒
DK 8	4	2,2	✓	☑
LP 9	1	2,3	✓	☑
DK 9	14	2,33	✓	☑
DK 8	11	2,36	✗	☒
LP 6	8	2,52	✗	☒
DK 9	13	2,56	✓	☑

LP 7	2	2,56	✓	☑
DK 8	12	2,61	✗	☒
DK 8	15	2,61	✓	☑
DK 9	1	2,61	✗	☒
LP 9	2	2,62	✓	☑
DK 8	20	2,65	✓	☑
LP 6	1	2,65	✓	☑
DK 8	18	2,69	✓	☑
DK 8	16	2,76	✓	☑
DK 8	2	2,8	✗	☒
DK 8	19	2,8	✓	☑
DK 6	8	2,83	✗	☒
LP 6	11	2,87	✓	☑
DK 8	22	2,88	✓	☑
LP 9	4	2,88	✓	☑
DK 7	7	2,93	✗	☒
LP 6	3	2,93	✓	☑
DK 7	11	2,95	✓	☑
LP 6	4	2,98	✓	☑
DK 8	24	3,05	✓	☑
DK 8	17	3,18	✓	☑
LP 6	12	3,22	✓	☑
DK 8	27	3,28	✓	☑
DK 9	5	3,45	✗	☒
DK 8	14	3,49	✓	☑
DK 7	3	3,57	✓	☑
DK 7	17	3,62	✗	☒
DK 8	21	3,63	✓	☑
LP 7	1	3,65	✗	☒
DK 9	17	3,68	✓	☑
DK 8	3	3,78	✓	☑
LP 6	9	3,83	✓	☑
LP 9	11	3,84	✓	☑
LP 9	8	3,9	✓	☑
DK 7	15	4,06	✓	☑
LP 6	7	4,27	✓	☑
DK 9	26	4,38	✓	☑
DK 9	3	4,45	✗	☒
LP 8	8	4,48	✓	☑
DK 8	6	4,61	✓	☑
DK 8	10	4,66	✓	☑
DK 9	2	4,67	✓	☑
DK 9	11	4,73	✓	☑
LP 9	5	4,78	✓	☑
LP 6	14	4,92	✓	☑
DK 7	16	5,48	✗	☒
LP 6	2	5,5	✓	☑
DK 8	1	5,95	✓	☑
DK 8	5	5,99	✗	☒
LP 8	4	6,31	✓	☑
DK 6	5	6,46	✓	☑
DK 8	9	6,48	✓	☑
DK 8	7	6,54	✓	☑

DK 9	15	6,54	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 9	9	6,54	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 6	10	6,87	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 8	7	7,98	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 7	1	8,05	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 7	4	8,51	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 9	8	8,69	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 7	8	8,74	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 6	2	8,87	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 6	17	8,95	x	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 8	8	9,29	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 6	1	9,53	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 6	13	9,92	x	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 6	13	10,92	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 7	6	11,46	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 7	5	11,68	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 6	6	14,71	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 8	3	16,93	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 9	3	18,26	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
LP 8	1	21,73	✓	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 6	6	28,99	x	<input checked="" type="checkbox"/>
DK 6	4	30,35	✓	<input checked="" type="checkbox"/>

(9)

Für die Klassifizierung der Beutezüge wurden die Gezeitenkalender des BSH der Jahre 2005 und 2006 benutzt. Für die auf Römö markierten Tiere wurden die Tidenverhältnisse des Standortes List West verwendet. Für die auf der Lorenzenplate markierten Tiere wurde der Standort Süderoogsand verwendet.

(10)

Episoden aus dem wahren Leben eines Seehundes und menschliche Schwierigkeiten es zu verstehen

Beispiel 1: Angenommen Seehund Klaas sitzt um 12 Uhr bei strahlendem Sonnenschein auf der Lorenzenplate und wird von einem im Orbit befindlichen Satellitensender überflogen während sein Satellitensender zwei Übermittlungen zur Positionsbestimmung sendet, die vom Satelliten empfangen werden. Nach ausgiebiger Mittagsruhe und mittlerweile 36°C im prallen Sonnenschein beschließt sich Klaas um 13:30 abzukühlen. Um 13:40 befindet er sich schon angenehm erfrischt in der kühlen Nordsee und macht einige kleine Tauchgänge zwischen denen er noch längere Atempausen unternimmt und mit zwinkernden Augen in den funkelnden Stern, der sich Sonne nennt, blickt. Um 13:45 beginnt Klass, Plattfische zu suchen und interessiert sich nur sekundär für das Oberflächengeschehen. Um 14:00 fliegt ein weiterer Satellit über die Lorenzenplate und kann Klaas nicht orten, denn der ist schon mit dem Jagen eines erschreckt flüchtenden Plattfisches in 20 Metern Tiefe beschäftigt.

Wäre der erste Satellit schon um 11:45 über die Lorenzenplate hinweg gezogen und wäre der zweite Satellit ihm um 13:45 gefolgt, so wären beide in das Vergnügen gekommen, Klaas zu orten. Der erste hätte den sich sonnenden der zweite den an der Oberfläche schwimmenden Klaas lokalisiert.

Die Bodenantenne hätte jedoch in beiden Überflugsszenarien nur gewusst, dass Klass irgendwo in der Nähe der Lorenzenplate ist.

Beispiel 2: Angenommen der erste Satellit fliegt um 12:00 über die Lorenzenplate, auf der Klaas sich sonnt. Der entscheidet sich um 12:05, sich ein wenig abzukühlen, ein paar kleinere Tauchgänge zu machen und 3 Plattfische vom etwas weiter entfernten 20 Meter tiefen Grund zu fressen und ist um 13:55 zurück in der Sonne, wo ihn der zweite Satellit überfliegt, so empfängt die Bodenantenne zwei mal, dass Klaas sich sonnt bzw. dass Klaas irgendwo an der Oberfläche ist.

Die Moral von der Geschichte: Kleinere Beutezüge sieht man mit der Methode nicht.

Beispiel 3: Angenommen Seehund Klaas entscheidet, sich am 01.01.01 um 12:01 von Annika zu verabschieden und zu einem 7 Tage dauernden Beutezug aufzubrechen, so würden sie und die Satelliten ihn für diese Zeit wahrscheinlich nicht zu Gesicht bekommen. Die letzten, die Klass gesehen hätten wären Annika und danach ein Satellit, der um 12:00 über die Lorenzenplatte geflogen ist, gewesen. Der dem ersten Satelliten folgende zweite Satellit würde Klaas um 14:00 nicht mehr sehen und die folgenden ebenfalls nicht. Die Bodenantenne registriert in diesem Fall, Klaas ist seit mindestens 3 Stunden und 59 Minuten weg. Was Klaas dazwischen gemacht hat, konnte von der Bodenantenne nicht empfangen werden und was Klaas gerade tut, wird erst erfasst als Klaas in den nächsten Tagen ein paar Lebenszeichen von sich sendet. Am 08.01.01 um 12:01, denn Klaas ist stets ganz ausnahmensweise pünktlich, wird er von der ihn liebenden Annika auf der Lorenzenplate begrüßt. An diesem Tag sendet er viele Signale zu seinen Freunden im All. Und die Bodenantenne weiß, Klaas hat in den letzten Tagen viel Plattfische gegessen und ist jetzt zu Hause auf der Lorenzenplatte angekommen.

Diese Beispiele sollen nur verdeutlichen, dass selbst bei einer Erhebung der Satelliten Daten in regelmäßigen Intervallen, das Verhalten der Tiere variabel bleibt und dieses nicht in allen Einzelheiten erfasst werden kann.

Investigations on area use of harbour seals (*Phoca vitulina*) and on data accuracy using the Argos system



Semesterarbeit 2006

vorgelegt von:

Verena Peschko

Kristina Neef

IfM-GEOMAR, Leibniz Institut für Meereswissenschaften der
Universität Kiel

Table of contents:

A Introduction

B Material and Methods

1. Data accuracy test

Introduction of the ARGOS System

Satellite transmitters

Experimental setup

Treatment of the data

2. Field data

The complete device package used on the seals

Capture of the seals

Retrieval of the devices

Treatment of the data

C Results

1. Data accuracy test

1.) How much of the data is used to determine a geographical position?

2.) Which one of the classes is the most frequent?

3.) Does the satellite passing time influence results?

4.) How much do the received positions differ from the real position and which class is the most precise?

2. Field data

1.) The Composition of the dataset:

a) Timetable and noted physical state of the equipped animals

b) Amount and duration of periods with geographical data

c) Amounts of the different types of data

2.) Haul out patterns of the animals

3.) Distributional patterns of the seals

4.) Accuracy of the data gained by free ranging animals:

D Discussion

Appendix

References

A Introduction

Biology of the Harbour Seal (*Phoca vitulina*)

The harbour seal (*P.vitulina*) is by far the most common species of the Phocidae in the Wadden Sea.

The only other regularly seen species is the grey seal (*Haliuchoerus grypus*), which is primarily found around the British Isles and along the coast of Norway, but immigrates frequently into the Wadden Sea. (NPA-SH, 1998)

Seals are known to inhabit a variety of coastal habitats such as rocky shores, estuaries, sandbanks and beaches. They depend on land to moult, rest and raise their offspring.

The Wadden Sea, consisting of extensive tidal flats and many islands within, offers a wide range of suitable haul-out places to choose from.

There are four sub-species of the harbour seal that are commonly recognized: the eastern Atlantic harbour seal (*P. v. vitulina*), the western Atlantic harbour seal (*P. v. concolor*) as well as the eastern and the western Pacific harbour seal (*P. v. richardsi / stejnegeri*).

Of the four subspecies, *Phoca vitulina vitulina* is the only one to occur in the European area.

The total size of the Wadden Sea population including Denmark, the Netherlands and Germany is estimated to be around 20 000 (NPA-SH, 2006)

The Phocid Distemper Virus (PDV) epidemic of 1988 caused a population decline of about two thirds and 2002 a decline of around 60 %.

However, according to Schwarz (1992) the population in the Wadden Sea has never reached carrying capacity due to hunting, pollution and disturbance. Denmark was the latest of the European countries to abolish hunting in 1977. Thus density dependent effects are unlikely to have caused the PDV epidemic and stock regulating actions are not justified (Heide-Jørgensen & Härkönen 1992; Schwarz, 1992).

Since 1988 the stock size has recovered and is increasing currently by a yearly rate of 12%. The main dangers for harbour seals are high levels of PCB pollution and anthropogenic disturbance (mainly for pups) (Abt, 1997; Reijnders, 1997; Vogel S., 2000).

Males grow up to 170 cm and 120 kg, females are smaller with 155 cm and 80 kg.

Female harbour seals become mature at the age of three to five years.

Pupping season is from end of May to July, peaking in June (Abt K.F., NPA, 2006).

Pups are nursed for four to five weeks and are not able to survive separately from their mothers during that time.

Moulting starts from the early part of August which is also when the mating period begins.

The gestation period lasts 10-11 months with two months of delayed implantation (Reijnders, 1997).

The distributional patterns in the Wadden Sea vary with the seasons (Schwarz, 1997). In autumn/winter harbour seals seem to be mainly restricted to the outer areas of the Wadden Sea, from where they go on foraging trips lasting from one day to several weeks (Vogel S. 2000).

Harbour Seals are opportunistic feeders, rather than preferring a certain prey species (Riedmann, 1990). They seem to stay in a distinct feeding area. These factors lead to a variable diet, which mainly consists of bottom-associated fish. Specific diving strategies can be divided into two types: U-dives consist of an extended period spent at the seafloor, whereas in V-dives the animal reaches the point of maximum depth briefly and immediately returns to the surface. (Adelung, Wilson, Liebsch; 2004)

During the spring/summer season the females retreat to the more sheltered inner sandbanks to give birth and to raise their offspring (NPA, 1998). All periods spent on land are called haul-outs.

Minos+ project background:

This report originates from the project Minos+ (Marine warm-blooded animals in the North and Baltic Sea).

Minos and Minos+ are two projects funded by the German Federal Environment Ministry and accomplished jointly by several sub-projects in various organisations, in our case the IfM-GEOMAR (University Kiel).

Minos, being the first project, was started in January 2002 and operated until 2004. In June 2004 Minos+ was installed as a successor.

Both projects aim to create a foundation for the assessment of offshore wind farms and possible impacts on warm-blooded animals such as harbour porpoises and seals.

Last year 32 applications for locating new offshore wind farms in the German Exclusive Economic Zone (EEZ) were filed at the BSH. For a correct assessment of these applications the following questions are researched:

Will the construction and operation of new wind farms do damage to the acoustic sense of seals and porpoises?

Will new built wind farms affect the animals in their migration routes and feeding patterns?

There are ships and aircraft based counts to determine the number of seabirds and harbour porpoises in a certain area.

POD (Porpoise Detectors) are additionally used to detect porpoises in the vicinity of planned wind farms.

Hearing tests which work with a similar technique that is used on humans examine the effect on the acoustic sense of both porpoises and seals.

The results of free-ranging individuals are compared to those of captive ones to determine a possible degradation due to noise pollution in the sea.

While the behaviour of seals during a haul-out is well known and relatively easy to assess, knowledge of the foraging trips is very poor.

To gain further insight into what seals do outside the sandbanks they were equipped with a variety of telemetric devices.

Those packages usually contained a dead reckoner, an IMASEN and a PTT. The dead reckoner is a 12- or 10-channel data logger which measures and stores various parameters such as depth, body position and orientation, heading, temperature, light intensity and speed.

With the InterMandibularAngleSensor (IMASEN) the angle between upper and lower jaw is calculated, leading to inferences about the foraging behaviour.

Our report is exclusively based on the data derived from the PTTs. PTTs are satellite transmitters and part of a satellite system called Argos, which is used to calculate the geographical position.

The Argos system is frequently used in several projects around the world from tracking migratory birds to collecting data on drifting buoys.

However there are several problems and complications with the system; it does not work underwater, for example.

Experience shows that determination of the geographic positions is often very inexact and subsequently not reliable (Liebsch 2006; Orthmann, 2000).

Therefore an evaluation of data exactness was needed before actually analysing the satellite data that were collected in the field.

The following work is thus divided into two parts.

Part A investigates the reliability of the Argos system in form of a general, artificial test. We want to know what factors have an impact on data exactness and how the level of inaccuracy can be determined exactly. We focused on the following questions:

- 1.) How much of the data are used to determine a geographical position?
 - How much of the data are position data and how much are contact data?
 - How many contacts are needed to determine a position?
- 2.) Which of the classes is the most frequent one?
- 3.) Does the satellite passing time influence results?
 - What is the exact time span in which the satellite is able to receive signals from the transmitter during one pass?
 - Does this time span have an impact on data exactness?
- 4.) How much do the received positions differ from the real position and which class is the most precise?

Part B thereafter analyses the data collected on 6 free-ranging harbour seals stemming from Rømø (DK) in the spring season 2005 putting emphases on:

- 1.) The composition of the dataset with
 - a. Timetable and noted physical state of the animals (gender, size, weight)
 - b. Amount and duration of periods with geographical data for the investigated period
 - c. The amount of the different types of data (as described in the material and methods part)
- 2) The haul out patterns of the animals to gain an overview on the chronological sequence of the seals activities
- 3) Distributional patterns of the seals in the Wadden Sea with an emphasis on the use of haul-out places and possible variations therein.
- 4) Concluding we investigated whether the data gained in the field are reliable, referring to the data accuracy test in part A.

Due to the fact that all animals caught at Rømø in spring 2005 are males with nearly the same size and weight, we assume that the monitored seals show the same haul out activities, use the same locations and remain at or near the location where they have been equipped.

B: Material and Methods

Data Accuracy test:

Introduction to the ARGOS System:

The Argos system is commonly used to collect environmental data in a multitude of scientific projects around the world. It is satellite based and consists of three components:

The **Platform Transmitter Terminals (PTTs)** are the first step in the Argos system. They send a message to the satellite in regular intervals. They can be attached to various objects, such as animals, buoys or balloons etc. In this case, the PTTs along with other devices, are incorporated in a floatation body, as described below.

The **Space Segment** consists of several satellites that receive the message from the PTTs and relay them to the ground segment in real-time.

The **Ground Segment** consists of three main ground stations at Wallops Island, Fairbanks (USA), Lannion (France) and several regional stations across the world. They receive and process the data from the satellites.

The processing includes quality control, message qualification and location calculation. The information is send to the user via e-mail.

To calculate a geographical position, three to four contacts between the PTT and the satellite are needed.

Should there be less than that the system will note the contacts without calculating the positions.

The incoming data set can therefore be divided into two different kinds that will be termed "position data" and "contact data" in the following report.

For a good quality of the position the satellite has to be directly above the PTT. The longer the contact lasts the better the positions can be calculated.

Measuring the Doppler shift on the transmitter signals the platform transmissions are used to calculate the positions of the PTTs.

Table 1: Estimated accuracy for each class according to the Argos-Manual

Location Class	
Class	Estimated accuracy in latitude and longitude
3	≤ 150 m
2	$150 \text{ m} < \text{accuracy} < 350 \text{ m}$
1	$350 \text{ m} < \text{accuracy} < 1000 \text{ m}$
0	$> 1000 \text{ m}$
A	No estimate of location accuracy
B	No estimate of location accuracy
Z	Invalid locations

Due to the Doppler shift the frequency of the transmitted signals is higher than the actual transmitted frequency when the satellite approaches a transmitter platform, and lower when it moves away.

The satellite measures the frequency of the messages that are received and time tags the arrival.

Afterwards the Argos processing centres calculate two possible positions of the transmitter using the first and last message that is collected, the most recent frequency and the position of the satellite. With these information two cones are calculated; their intersection, combined with the declared height for the transmitter and the terrestrial radius lead to the two possible positions of the transmitter.

The position with the better frequency continuity is chosen and checked on the minimum residual error, the transmission frequency continuity, the shortest distance covered since the latest location and the plausibility of velocity between the locations. Two of these tests must be positive for the position to be validated.

The system sorts the incoming information according to its accuracy in different classes.

PTTs:

As satellite transmitters (PTT Platform Terminal Transmitter) we used SPOT 2 and SPOT 3 models. These PTTs are produced by Wildlife Computers, Richmond USA and can be set on a certain number of transmissions per day, transmitting only at certain hours or days during a given period.

The Spots also possess a water switch and are programmed to transmit only when they are dry. Further information about the system can be obtained via www.wildlifecomputers.com.

Experimental setup:

As a suitable test location we chose the rooftop of the IfM-GEOMAR building in Kiel (54° 19'48'' N; 10° 8'53'' E). This location is frequently used for tests and satellite transmissions by the IfM staff and is not accessible to the public. Three PTTs (47744, 37458 and 47762) that were formerly used in the field were at our disposal.

The tags were positioned on the rooftop for a period of seven days from 7.7.2006 till 13.7.2006. After a trial period of three days we determined an optimum transmitting frequency of 600 transmissions per day.

The actual sampling period was subsequently from 10.07-13.07.06.

We primarily intended to investigate the time which is needed for a transmission after the dry/wet sensor on the PTT has been submerged in water. Therefore, in addition to just exposing the PTTs to the satellite, we submerged them into artificial seawater (36 salinity) prior to a predicted satellite pass.

Treatment of the data:

The Argos system treats and classifies the data as described above. The data that were sent via e-mail thereafter had to be shortened by cutting unnecessary parts and were sorted according to their classification, using Excel.

The resulting pieces of information were evaluated according to satellite dependency, data accuracy and exactness of the calculated geographical positions.

Most of the evaluations were carried out once for the entire data set and once for each of the spots separately.

1.) How much of the data are used to determine a geographical position?

After creating an Excel Sheet that contained the entire data set, along with all the relative information, such as satellite passing times, number of contacts and date/time of each contact we split the data into position and contact data and ascertained the percentage of each type.

We also calculated the mean number of contacts that were needed to determine a position for each of the classes separately.

2.) Which one of the classes is the most frequent?

Proceeding, we separated the position data into single sheets according to their classes and thus found out which class has the highest number. For a better understanding we converted the total numbers into the according percentage.

3.) Does the satellite passing time influence results?

On <http://liftoff.msfc.nasa.gov/RealTime/JPass/20/> it is possible to calculate the exact time the satellite is passing directly over the test location. The transmitters generally require the satellite to be "in view" to receive a signal, which means that it is possible for them to receive a signal during a certain timeframe before and after the passing. According to the Argos manual this timeframe is seven to fifteen minutes long. To further verify this we extracted the exact satellite passing times from the Internet and compared them to our data set position data and contact data have hereby been put together. Thus we found two types of data: either received within the passing time or outside the passing time.

To narrow the timeframe in which uplinking between the transmitter and the satellite is possible we created a new data set that contained all the data from each spot that was received outside the passing time. This data were then arranged in groups, depending on the temporal divergence from the exact passing time.

We thus received 5 groups:

Group I: data that were received 0,1 till 5 minutes before or after the passing time.

Group II: data that were received 5,1 till 10 minutes before/after the passing time

Group III: 10,1 till 15 minutes before/after the passing time

Group IV: 15,1 till 20 minutes before/after the passing time

Group V: 20,1 till 25 minutes before/after the passing time

We counted the numbers of contacts for each group as well as for the single classes.

4.) How much do the received positions differ from the real position and which class is the most precise?

To begin with, we calculated the difference between data locations and the real location in Kiel (54° 19' 48'' N; 10° 8' 53'' E) in geographical minutes, separated in longitude and latitude.

After calculating the mean values of deviance for each class, we transformed the data to meter using the following formula:

Longitude: $P * 1088,58\text{m} = \dots\text{m}$

Latitude: $P * 1852,01\text{m} = \dots\text{m}$

P= deviance in geographical minutes

For the transformation of the values we considered that a longitudinal minute at the 54th circle of latitude corresponds to 1088,58 meters and that a latitudinal minute corresponds to 1852,01 meters.

2. Field data:

The complete device package used on the seals:

The complete package the seals were equipped with, consisted of 3 to 4 devices, all contained in a floatation body made of resin and micro glass beads.

All packages contained the following remote sensing devices:

The **dead-reckoner** consisted of a 12 channel data logger (Driesen und Kern GmbH, Germany) that could store up to 32 MB of data. The logger was coated in resin and connected to the following sensors: speed, depth, body position and orientation, heading, temperature and light.

The **Imasen** (Inter **M**andibular **A**ngle **SEN**sor) is used to measure jaw movements and leads thus to conclusions about the foraging behaviour. It consists of a single channel logger and a Hall Sensor, both coated in resin likewise. The Hall Sensor is placed on top of the upper jaw of the seal, directly opposite it, there is a magnet placed on the lower jaw. The sensor measures the magnetising force and thus the spacious variances between upper and lower jaw can be calculated.

The **PTTs** are already described in section A of this report.

During the summer season the packages were naturally released due to moulting, in the autumn/winter seasons an artificial **release mechanism** had to be added.

The **floatation body** was especially designed and compounded for the project. Buoyancy was provided due to micro glass beads (B-Spheres Gr.2, Omega minerals, Norderstedt, Germany) that were mixed with resin.

Once the single devices were contained in the floatation body, it was sealed and attached to a neoprene base.

For further details on the deployment of the devices see Minos Report (Adelung, Wilson, Liebsch, 2004).

Capture of the seals:

Harbour seals were caught at 19.3.2005 at the island of Rømø southwest of Denmark (55° 12' N, 8° 31' E).

The seals were caught using methods detailed by Jeffries (1993).

With the help of one speedboat the animals were captured in a net and pulled onto land with two cars.

Several helpers removed them from the net and put them into smaller ringnets to immobilize them.



Fig. 1: Map of Rømø with location where animals were caught (orange pin)

Initially, the fur on the attachment site was cleaned with water and dried with acetone.

The device package was attached by gluing the 6 small feet of the neoprene base to the animals' fur using Devcon epoxy; the animals were released thereafter.

Retrieval of the devices:

The packages were released due to the annual moult in August. They were found when they were washed upon a beach and sent back to Kiel.

Finders could obtain the necessary address and information from a label that was attached to the packages, and also received a reward for successfully returning the devices.

The data of the dead reckoner and the Imasen are read out with the according programmes.

Treatment of the data:

The satellite data received via Email had to be shortened by deleting unnecessary parts and was sorted according to the different spots, years and seasons.

Afterwards we constructed the chronological course of activities for the individual animals.

Therefore we separated the data in days/periods with geographical positions (position data), with a contact between satellite and PTT (contact) and without any information.

If there had existed more than one geographical position for a single day, we chose the one that was classified best.

Those three different types of data were marked with different colours. Thus the pattern of the haul out activities became visually illustrated (see appendix 2).

For further investigations we merely analysed the position data because without any additional information (like diving depth or swimming speed) it was not possible to define diving or hunting activities for sure.

During the analysis of the satellite data several coherent days with geographical positions are defined as haul out periods.

1) The Composition of the dataset:

Using the generated course of activities the data were analysed on the amount of the different types of data. These were the number and percentage of days with position data, the number and duration of haul out events and the percentage of days with contact and without information.

2) The haul out pattern of the animals

To examine the temporal sequence of days with and without geographical positions for the particular animals we used the course of the activities (see app. 1) We simply examined the patterns and compared them among the animals without any further treatment of the data.

For this part of the analysis we assumed days without any information to be potentially time spend at sea. In reality however it is impossible to approve this assumption without any further information on the seal's activities (diving behaviour, swim speed, etc.)

3) Distributional patterns of the seals in the Wadden Sea

To calculate the preferred haul out sites we counted the days spent at a specific location for the single animals as well as in total.

For a comparison of haul out sites we used a map from the "Umweltatlas Wattenmeer" and compared the known sites to possible new ones.

Additionally the haul-out positions were drawn on a map using Google Earth for a visual overview of the animal's haul out locations. For a more realistic picture we included a 2000 m radius to show the average deviation from the given position. The value of 2000 meters was calculated considering only classes 1-3 and A since these were the only ones we used for the analysis.

4) Accuracy of the data gained by free ranging animals:

Analysing the accuracy of the geographical positions we calculated the percentage of each class on the **entire** (the whole amount of data for the transmission period, as it existed before choosing the best quality for the single days) dataset for the single spots as well as in mean for all spots.

We used EXCEL for processing of the data.

C: Results

Data Accuracy Test

Time required for transmission after submerging the logger:

It was impossible to draw any conclusion on the water dependency and the drying process from the data we received. This part of the test will thus not be integrated in the results section, however a short review of this part of the test will be given in the discussion.

1.) How much of the data is used to determine a geographical position?

Analysis of the total data set resulted in the fact that more than fifty percent of the data originates from spot 47744.

Data from spot 37458 constitutes nearly forty percent, while data from spot 47762 amounts to mere 9,4 % of the total set.

Table 2 gives an overview about data variance, showing the percentage of position data, contact data and the total amount of data for the transmitters.

spot	% pos. data	% contact data	% total data
47762	44,4	55,6	9,4
37458	51,8	48,2	39,6
47744	50,3	49,7	51,0

As it already has been explained in the material and methods section we divided the data into position data and contact data for further processing. Doing this for each of the three spots separately we found out that the allocation between these two types was more or less equal in each case. See table 2 for the exact values.

The mean number of contacts that was needed to determine a geographical position was 4.3 for a class 3 result, 5.2 for class 2 and 4.7 for class one.

For the less exact classes those numbers were lower with 3.3 for class Z, 2.7 for class B, 3.3 for class A and 4.3 for class 0.

2.) Which one of the classes is the most frequent?

The position data are again graded into different classes depending on their exactness.

The classes B and A turned out to be the most frequent by far in relation to the total amount of data (B: 45,9% ; A: 25,7%) as well as in spots 47744 and 37458.

For spot 47762 however classes 1 and 2 are the most common with 2% of the entire 47762 set.

Table 3 gives the percentage of each location class for the total set of position data each of the transmitters

class	total %	47744%	47762%	37458%
3	6,1	2,0	0,7	3,4
2	7,4	3,4	2,0	2,0
1	8,8	3,4	2,0	3,4
0	2,0	1,4	0,7	0,0
A	25,7	14,2	1,4	10,1
B	45,9	22,3	1,4	22,3
Z	4,1	2,7	0,0	1,4

3.) Does the satellite passing time influence results?

A temporal evaluation showed that the amount of data received within and outside the definite satellite passing period is nearly equally high.

Again, spot 47762 shows the highest deviance with 42, 1% of its data received outside the passing period.

Table 4 shows the percentages of data that was received a) within the satellite-passing period and b) outside the satellite-passing period for the total data set as well as for the single transmitters

	total %	47744	47762	37458
within sat. passing period	47,0	45,9	57,9	51,7
outside sat. passing period	53,0	54,1	42,1	48,3

We did not receive any data more than 25 minutes before or after the passing time.

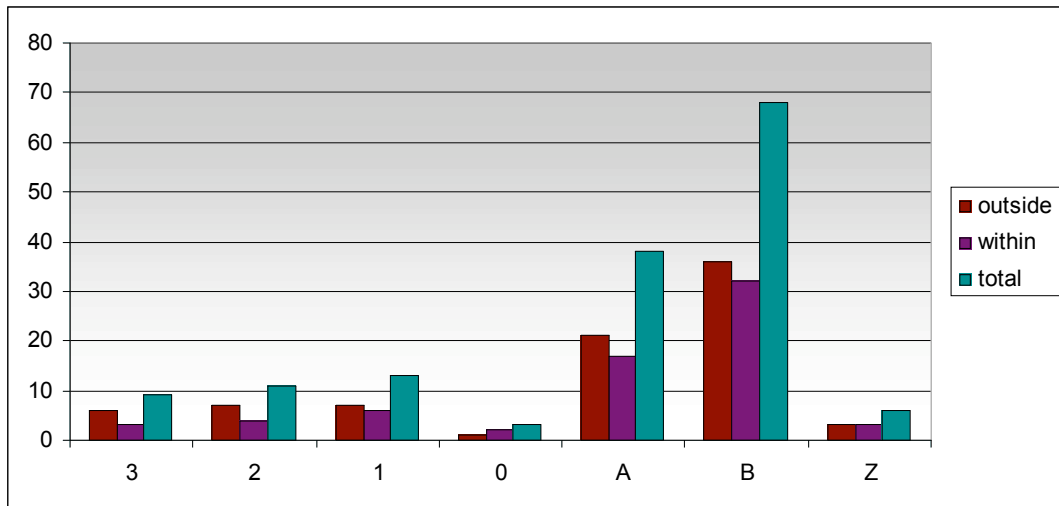
In total the groups II and III made up around 34% of the data each, thus being the most common.

Groups IV and V were considerably more scarce with 3,6 % and 5,8 %.

Table 5 shows the amount of data in the groups I-V in percent for each spot and the total set; Group I = 0–5 min, Group II 5-10 min, Group III = 10–15 min , Group IV = 15–20 min ; Group V = 20–25 min

	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V
47744%	24,7	34,2	31,5	4,1	5,5
47762%	12,5	50,0	37,5	0,0	0,0
37458%	17,5	33,3	38,6	3,5	7,0
total%	21,0	34,8	34,1	3,6	5,8

In the classification analysis, the relation between data outside and within the passing period was nearly equal for each of the classes, with data within being slightly scarcer.



In **Fig. 2** the amount of data received within and outside the passing period is shown for each class in percent

4.) How much do the received positions differ from the real position and which class is the most precise?

Table 6: Deviation from the real position for the different classes in meters; LA= latitude, LO= longitude and number of contacts

Spot Class	37458 LO	37458 LA	47744 LO	47744 LA	47762 LO	47762 LA	Mean LO	Mean LA	No of contacts
1	653	741	1001	1037	327	556	631	815	13
2	729	630	816	1389	370	1241	729	963	11
3	0	741	827	1611	0	0	272	945	9
A	0	611	675	1148	544	2778	403	870	38
B	3157	50449	4909	24428	2721	20372	4017	37207	68
0	-	-	5476	574864	0	0	3647	385737	3
Z	997684	7282103	3277	4019	-	-	334749	2417206	6

The calculation of the deviation indicates that class Z deviates the most (with up to 7 282 km difference from the original position of the logger) followed by class 0, which shows a deviation up to 575 km high. Class 0 does only exist for spot 47744, thus the data for this class has to be considered less representative.

Class B differs a lot from the real position of the spot (up to 50 km) as well. Thus class Z shows the highest deviation, followed by class 0 and class B.

The other classes (1,2,3 and A) differ nearly equally (compared for every spot and among the different spots) in the range between 500-1000 m. The positions of spot 47744 show relatively high deviations (up to 1600 meters for class 3) as well as spot 47762, which has high deviations for class A and 2 (up to 2778 meters).

For most spots and classes it is obvious that the latitudinal position deviates more from the real position than the longitudinal position.

Analysis of the field data

1) Composition of the data

a) Timetable and noted physical state of the equipped animals

In spring 2005 eight animals have been equipped at Rømø (DK) with one spot each. In the following the data of six of these seals are analysed.

Table 7: Spot number with starting- and ending-date of the spots activity, sex, length and weight of the equipped animals

spot	Start	End	Retrieval	Gender	Length (meter)	Weight (kg)
55287	19.03.2005	29.7.2005	-	male	1,75	96
55289	19.03.2005	15.08.2005	-	male	1,57	83
55291	19.03.2005	28.07.2005	16.07.2005	male	1,70	91
55295	19.03.2005	10.08.2005	11.08.2005	male	1,68	104
55290	19.03.2005	12.08.2005	16.07.2005	male	1,78	91
55293	19.03.2005	15.08.2005	-	male	1,72	87

As it is apparent in table 7 the spots generated data for nearly the same amount of time.

Four spots provided data until mid of August 2005 and two spots until end of July 2005.

For the subsequent analysis of the spots 55291, 55295 and 55290 we only consider the period prior to their retrieval.

During the data acquisition period there is one section lasting from 4.5.2005 to 9.5.2005 (see app) with a lack of data for all PTTs. A possible explanation might be a general failure by the satellites during this period.

All animals were between 1,68 to 1,78 meter in length and 87 to 104 kg in weight except one animal, which was only 1,57 meter long and weighed 83 kg. It is noticeable that the biggest animal weighs only 91 kg compared to a smaller one that weighs 104 kg.

b) Amount and duration of periods with geographical data

Table 8: Spot number with length of the dataset (days), no. of days with geographical position, percentage of days with geographical position, no. of events with geographical position (several days successively), mean duration of the periods with geographical position, standard mean deviation (SD) for the mean duration of the periods with geographical data

spot	Period for analysis (Days)	Geographical position (Days)	Geographical position (%)	Number of haul out events	Mean duration of haul out (Days \pm SD)
55287	133	58	43,61	23	2,52 \pm 1,47
55289	150	60	40,00	25	2,40 \pm 1,78
55291	119	56	47,06	17	2,80 \pm 2,84
55295	145	47	32,41	16	3,13 \pm 4,10
55290	119	37	31,09	13	2,85 \pm 3,18
55293	150	39	26,00	19	2,00 \pm 1,29

The analysis in table 8 shows that the amount of days with geographical positions, the number and duration of the haul outs vary between the different animals.

Periods during which data were recorded vary for the different spots between 119 and 150 days, the amount of days with position data differ between 26 % (spot 55293) and 47% (spot 55291).

Haul out events vary between 13 (spot 55290) to 25 (spot 55287) and between 16 to 23 events for the remaining animals.

The average length of the haul out events lies between 2,0 (spot 55293) and 3,1 days (spot 55295). The majority of the seals show a mean haul out length of 2,4 to 2,85 days.

The standard deviation indicates a variation of one to three days in the mean length of the haul out periods.

c) Amounts of the different types of data

For this comparison we calculated the percentages of the different types of data for the entire investigation period.

Table 9: Percentage of days with position data, with contact information and without any information, for the different spots

spot	Days with a geographical position	Days with a contact but without a position	Days without an information
	(%)	(%)	(%)
55287	43,61	30,08	26,32
55289	40,00	28,00	32,00
55291	47,06	26,89	26,05
55295	32,41	20,69	31,72
55290	31,09	35,29	33,61
55293	26,00	37,33	24,00

For the spots 55287, 55289, 55291 and 55295 the amount of days with a geographical position (44, 40, 47, 32 %) is higher than the amount of days with contact data (30, 28, 27, 21 %) and days without any information (26, 32, 26, 32 %).

The spots 55290 and 55293 have a nearly equally high percentage of days with a geographical position (31, 26 %) and without a contact between spot and satellite (34, 24%). The percentage of days with contact data (35 and 37 %) is higher than the percentage of position and no information data for these two spots.

The quantities of the different types of data obviously vary a lot between the different animals.

2) Haul out patterns of the animals

We tried to gain an overview of the seal's haul out activities by investigating the alternation between haul out and any other activity.

The chronological course of activities shows that the animals with the spots 55287/-89/-91 alternate regularly between haul out and potential days at sea in the beginning. This period is followed by long, shortly interrupted haul out sequences.

Nearly the same pattern is represented by the data of spot 55290, with a larger amount of periods without position data for all parts of the investigation.

Spot 55295 has long sequences with and without geographical data in the beginning and long ones without data in the end. Spot 55293 has long periods without data, which are shortly interrupted by haul out sequences.

3) Distributional patterns of the seals

Analysing the distributional patterns of the animals we focused on the most frequented haul out locations during the investigated period.

Table 10: Most frequently used haul out locations (numbers of days with the particular positions); for every animal and summed up for all animals and the whole time of investigation

	spot number						
Haul out location (days)	55287	55289	55291	55295	55290	55293	Total
Wadden Sea in north of Rømø	16	28	30	10	18	2	104
The northern shore + The Wadden Sea in north of Rømø alternating	43						43
The northern shore of Rømø	8	21					29
Blavands Huk,DK			30				30
The Wadden Sea between Norderoogsand,Hooge,Japsand				24			24
Mandø					15		15
Wadden Sea in west of Amrum						7	7
Wadden Sea east of Amrum				5			5

The predominantly used locations are the Wadden Sea in the north of Rømø (104 days), the Wadden Sea in the north and the northern shore of Rømø alternating (43 days).

Often frequented haul out sites were Blavands Huk (Dk; 30 days), the northern shore of Rømø (29 days), the Wadden Sea between Norderoogsand, Hooge and Japsand (24 days), and Mandø (15 days).

It is obvious that the Wadden Sea in the north of Rømø is used by all equipped animals as haul out location. The remaining places are generally frequented by one of the equipped seals.

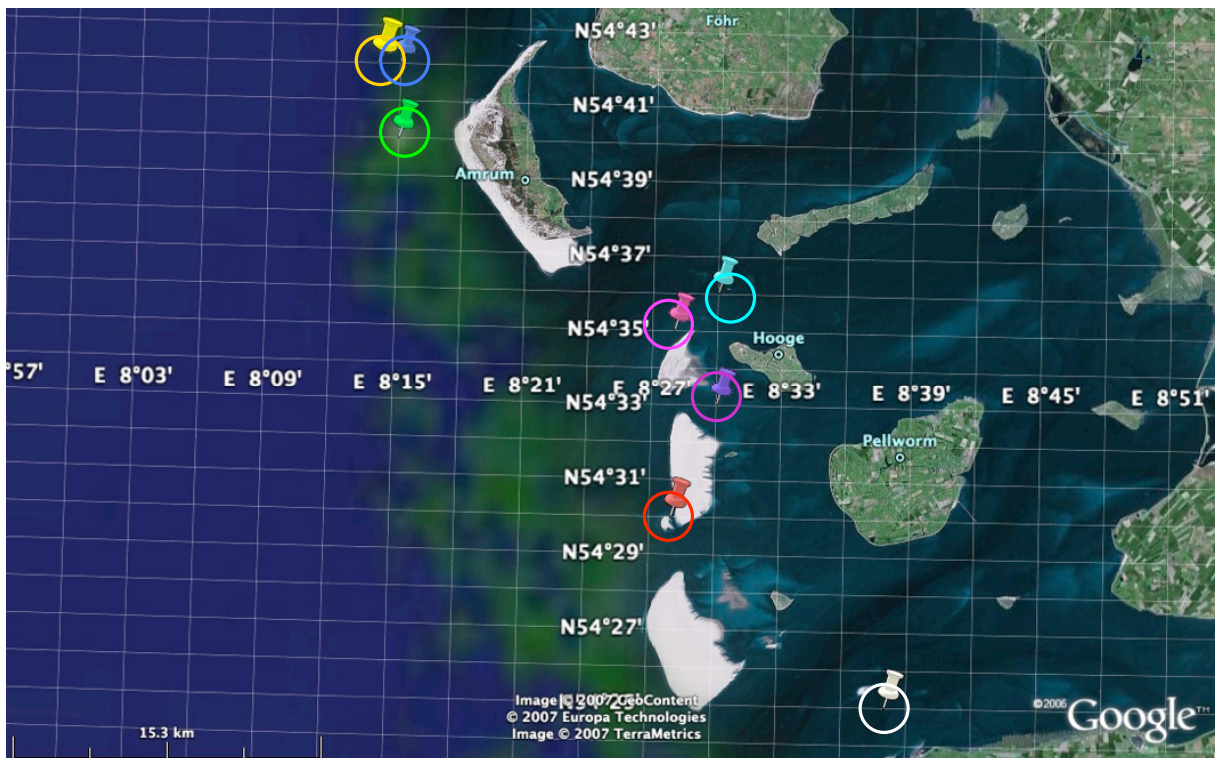
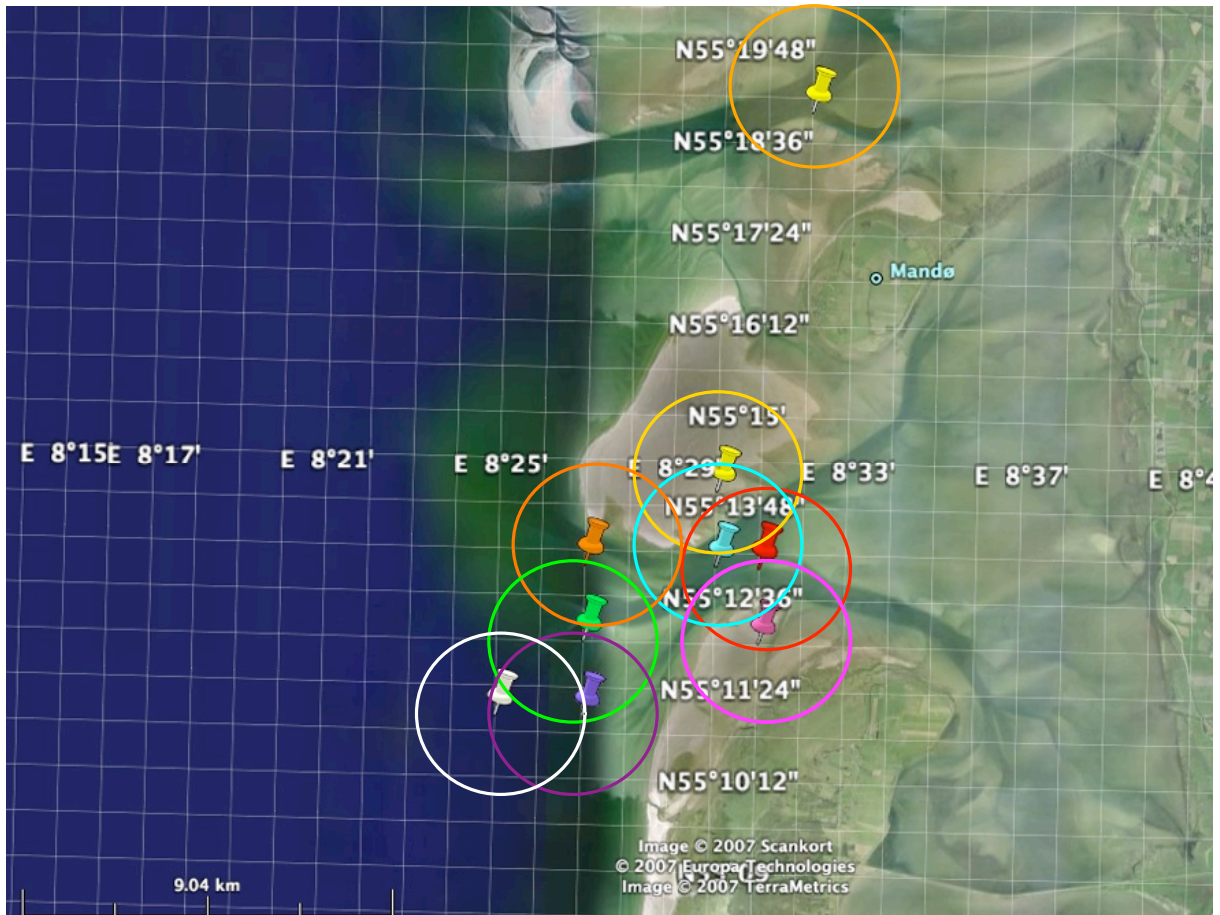


Fig. 3: Mostly used haul out locations for all animals are around Rømø and south of the island of Sylt; the locations are marked with the coloured pins and the circles around mark a radius of 2000m

For a detailed view of the haul out locations for the particular animals see the cards in appendix 2.

4) Accuracy of the data gained by free ranging animals:

Additionally to the former analyses we used the data accuracy test of part A to examine the reliability of the geographical positions gained by the free ranging seals.

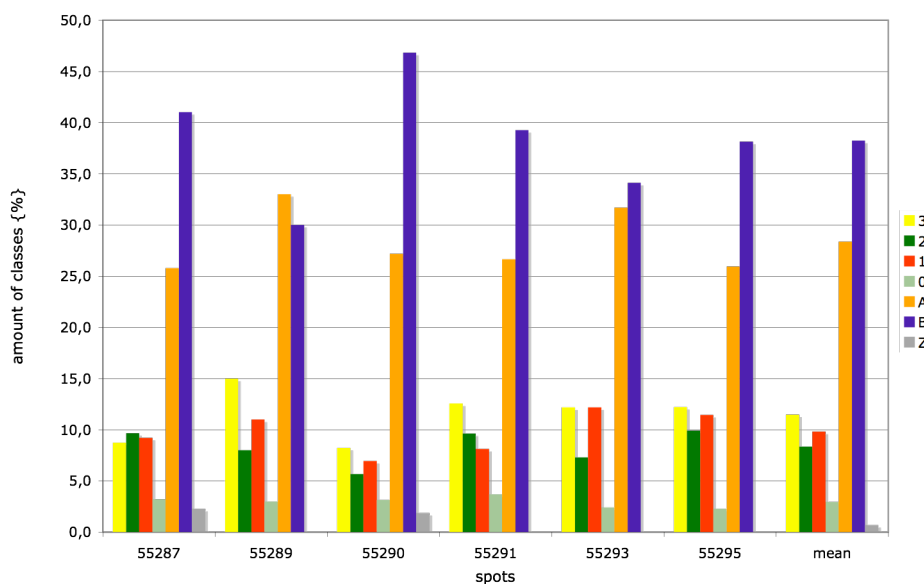


Fig. 4: Percentage of each class of the geographical positions for the single spots as in mean for all spots that were applied in the field

Figure 11 illustrates that the largest amount of data is represented by class B. Class A forms a large amount as well, but makes a lesser part than class B for spots 55287, 55290, 55291 and 55295. For spots 55289 and 55293 the two classes occur nearly equally often.

All in all, class B represents the biggest part of the geographical data, for some spots up to 40 percent. In the data accuracy test this class deviates from the tested position between 20 to 50 km for the latitudinal positions and between 3 and 5 km for the longitudinal positions.

Class A (26 and 33% of the data) shows a much lower deviation from the real position in the satellite data accuracy test. It differs between 540 and 670 meters for Latitude and Longitude. There exist two exceptions with 1148 and 2778 meters deviation in the latitudinal positions for the spots 47744 and 47762.

Classes 1, 2 and 3 which show nearly the same deviation from the real position as class A (between 500 and 1000 meters) form a relatively low part of the data (up to 15%).

The lowest part of the dataset is represented by classes 0 and Z which have the highest deviation of the known geographical positions in the test.

D Discussion

Concerning the data accuracy test, it is to note that most of the existing hypotheses have been verified although some information in the Argos manual seem to be underestimates.

Classes B and A have been proved to be highly inexact, with a deviation of up to 50 km from the real location. Unfortunately, those classes also made up the largest percentage of the data set by far, thus indicating one problem in the Argos system. It is also notable, that our values differ extremely from the ones given in table 2 of the Argos manual, which are considerably lower. Based on the results of this study it is not recommendable to solely rely on the Argos data for distributional field research due to the high level of inaccuracy. Nevertheless this cannot be drawn as a general conclusion for field work due to the small amount of data we used in this investigation.

A possible way to increase the reliability of the data might be a higher transmitting frequency. In this study a frequency of about of 600 transmissions per day was used, which provided data with a relatively low accuracy. Applying devices, which contact to the satellite more frequently, may lead to more exact positions. For field studies this would cause a problem due to the battery being depleted much faster. Thus the timescale during which the spots work and geographical positions can be received would be very limited.

Combining the pieces of information collected via satellite with those retrieved from the dead reckoners would be a possibility for a better use of the satellite data without increasing the frequency. This method is already used in Minos and Minos⁺. It is for example possible to reconstruct foraging routes and haul-out periods.

While uplinking seems to be possible up to 25 minutes before and after a satellite pass, there was a distinct decrease in received messages for 10 to 15 minutes. This coincides with specifications in the Argos manual. We could not detect any differences in the composition of classification within and outside the passing period, indicating that there is no increase of data exactness when the satellite is visible to the PTT.

We could not find any differences in exactness between single devices, either. Even though this could be due to the low number of test series, we suggest that spot-specific differences can be neglected in further studies.

However, the drastic difference between longitudinal and latitudinal positions in all our tests is evident and remarkable. The determinations of latitudinal positions show a far higher discrepancy in exactness, differing from the real position up to ten times higher than the longitudinal positions. We assume this anomaly to be due to the satellites' orbits, although further tests would have to be carried out to prove that assumption.

As we found out during the trials (07-09.07.06), setting the spots on a low frequency of transmissions might be gentle on the battery but proves to be counterproductive for data exactness. We experienced a much higher and qualitative better set of data with a pulse of 600 transmissions/day. We would therefore suggest not to fall short of this number in the field although the shorter battery life span has to be accepted.

We cannot comment on the waters' influence on the accuracy of our tests for several reasons. Despite the submergence two to five minutes before the passing period there was no observable temporal coherence between the satellite passing period, the submergence of the devices and the time in which geographical data exists. Further studies and a more detailed experimental setup would be necessary to reach suitable data.

For fieldwork a different attachment approach has been discussed in the literature. Attaching the PTTs to the animals head, opposed to its back, it is said to lead to better results while the animal is on foraging trips due to the animal breathing at regular intervals and thus exposing the PTT to the water surface.

However, this approach is considered to be a higher strain for the animal and was not used in the Minos projects for this reason. Furthermore, the danger of the device being damaged or coming off early would be higher if it was located at the animals' head due to the higher strain of water pressure.

All in all, it would have been better if more devices had been used and tested for a longer period with more test series to draw more exact conclusions on data accuracy. Nonetheless, the satellite test helped us in evaluating the field data.

The quantitative analysis of the satellite data shows that almost all spots produced data for the same length of time.

For the length of the transmission period it must be considered that the emitting time of the spots is strongly dependent on the battery lifespan. There are several reasons possible for the different length of data production e.g.: the spots needed more energy as calculated thus the battery was used up earlier. There also could have been a defect in the device that stopped the recording of data – like water damage.

Concerning the physical state of the animals they all were nearly of the same size and weight except the seal equipped with spot 55289, which was smaller and weighed less than the other animals.

Considering the size and weight of the animals all six seals seem to be not yet adult but young male individuals. This supports the hypothesis that the monitored animals show nearly the same haul out behaviour.

The number of haul out events, the average length of the haul out periods and the percentage of the geographical data are all in a close range within the animals. For the particular criteria there are some variations among the individuals.

The amount of days with position data, with contact data and without a contact varies slightly for each of the animals but remains in the close range for all of them.

In conclusion the different types of data vary only slightly among the individuals.

The analysis of the seals haul out patterns leads also to the general assumption that the single animals act similarly during the investigated period. The few differences between the animals concerning the length of the haul out periods can be explained as common variations in the behaviour of individual animals.

The accuracy analysis of the satellite data leads to the assumption that a high inaccuracy must be considered for the geographical data.

This conclusion is based on the large amount of class B data, which shows a high deviation from the real position in the accuracy test (between 20 to 50 km for the latitudinal positions and between 3 and 5 km for the longitudinal positions).

Furthermore class A, which shows a much lower deviation from the known position than class B (between 540 and 670 meters for latitude and longitude), is the second most abundant class in the dataset. Thus, this relatively high amount of reliable data attenuates the effect of the highly inexact class B data.

Generally it would be important to consider the huge amount of inaccurate data, while analysing the geographical positions of the animals and to note a potentially large deviation from the real haul out positions in this case especially in the area north of Rømø.

In our case it is again important to note that this analysis is accomplished using the entire, not shortened satellite data, which exists for the examined period.

The investigation of the frequented haul out locations however is based on an assortment with mostly highly classified satellite data. Thus it is likely that a high amount of the examined data is reliable and can be used for an analysis of the distributional patterns.

The investigation of the geographical positions of the seals haul out locations indicates that places in the north of Rømø are used most frequently (in total 176 times, including the Wadden Sea and the shore in the north of Rømø). The other locations that were used often are mostly frequented by one animal, which also returns several times to the location in the north of Rømø. Additionally these places are predominantly located in the wider surrounding of Rømø except the haul out locations of the animals with the spots 55293 and 55295 (see appendix 2). These animals do not stay in this region but travel to locations in the southern Wadden Sea of Schleswig-Holstein.

The predominant use of the locations in the Wadden Sea around Rømø is not astonishing. The animals have been equipped on sand banks in the north of Rømø, which is known as a popular haul out place. As it is common that seals return to former used haul out locations (Müller, *et al*, 2005; Orthmann, 2000) it is likely that the monitored animals remain in or return to the region where they have been caught.

Examining the satellite data the sand banks in the north of Rømø are presumably general preferred haul out locations during the spring season because all animals that were equipped returned to this place and stayed there for several days. This coincides with the knowledge of common haul out locations (Liebsch, 2006; NPA, 1998)

The additionally frequented haul out places of the monitored seals are also known as common resting locations in the summer season (Liebsch, 2006, NPA, 1998; Orthmann , 2000).

Our hypothesis that the animals caught at Rømø during spring 2005 show the same haul out activities, use the same locations and remain at the location where they have been equipped, is underlined by the results of the analysis. Firstly, nearly the same amount of days with/without a geographical position and without a contact exists for the equipped seals. Furthermore the animals show a similar haul out pattern during the data acquisition period. Finally almost all of them use the haul out locations in the north of Rømø predominantly and return to them regularly.

Concluding, we have to say that while Argos is certainly a useful mean in collecting environmental data, the gained satellite data have to be treated with caution -- especially when satellite data is used without additional data like diving behaviour or swimming speed from a dead reckoner (Orthmann, 2000).

The high amount of inaccurate data may possibly be reduced by a higher transmission frequency. This would lead to less geographical data, as already discussed. It also might be possible to attach the devices elsewhere on the animal, e.g. on the head. The generated positions might be more exact but the seal's activities would be affected a lot. In addition, the devices have to bear more impacts (like drag, velocity, movement, vibration, etc.), which are reduced on the back of the animal.

Since this study did not consider any of the dead reckoning data it is hard to draw authentic conclusions.

We assume that a combined analysis of the dead reckoning, Imasen and PTT data (as it is already carried out in the Minos-Projects) is more useful and leads to reasonable statements that could be used in the protection and management of harbour seals in the future.

References

A basic description to the Argos System: <http://www.cls.fr/manuel/>

Abt K. F., Bandomir B., Marxen S., Siebert U., Adelung D., 1997. Robbenmonitoring und -forschung in Schleswig-Holstein. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Abt K. F., 2002. Phänologie und Populationsdynamik des Seehundes (*Phoca vitulina*) im Wattenmeer : Grundlagen zur Messung von Statusparametern. Dissertation CAU-Kiel

Abt K. F., 2006; Robbenmonitoring.- In: Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg.): Wattenmeermonitoring 2006- Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer

Adelung, Wilson, Liebsch, 2004. Minos Report: marine warm-blooded animals in the North and Baltic Seas, Foundations for the assessment of offshore wind farms

Deutsch C. Easton D., Kochman H., Reid J. Locational accuracy of the Argos Satellite Telemetry System in a marine environment: Implications for spatial data analysis and wildlife management. Geological Survey. 1997. Forum on Wildlife Telemetry: Innovations, evaluations, and Research Needs; 21-23 September 1997, Snowmass Village, Colorado.

Härkönen T. & M.-P. Heide-Jørgensen, 1992. Epizootiology of seal disease. J. Appl.Ecol. 29 : 99-107

Hays C. , Akesson S., Godley B.J., Luschi P., Santidrian P. .2001. The implications of location accuracy for the interpretation of satellite tracking data. Animal Behaviour, 61, 1035-1040

Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg. 2006): Wattenmeermonitoring 2005- Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer.

Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (Hrsg. 1998): Wattenmeermonitoring 1997- Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer.

Liebsch N., 2006. Hankering back to ancestral pasts: constraints on two pinnipeds, *Phoca vitulina* and *Leptonnyctotes weddellii* foraging from a central place. Dissertation CAU Kiel

www.minos-info.org

Müller, G. Wilson R.P., Liebsch N. and Adelung D., 2005. Location and timing of haul outs of individual harbour seals (*Phoca vitulina*) from the German and Danish Wadden Sea. 16th Conference on the Biology of Marine Mammals

Orthmann T., 2000. Telemetrische Untersuchungen zur Verbreitung, zum Tauchverhalten und zur Tauchphysiologie von Seehunden (*Phoca vitulina vitulina*) des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres. Dissertation CAU Kiel

Reijnders P.J.H., S.M.J.M. Brasseur, G. Verriopoulos, 1997. Status of Pinnipeds relevant to the European Union. IBN Scientific Contributions 8, 76-97

Riedmann M., 1990. The Pinnipeds. Seals, Sea Lions, and Walruses. Berkley/Los Angeles: University of California Press.

Schwarz J. (1992). Zum Status der Seehundpopulationen (*Phoca vitulina*) in der Nord- und Ostsee. Artenschutzreport, Heft 2.

Schwarz J. (1997). Untersuchungen zum Aktivitätsmuster der Seehunde (*Phoca vitulina* L.) im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Entwicklung eines Korrekturfaktors für die Flugzählergebnisse. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Tougaard Svend, 1989. Monitoring harbour seal (*Phoca vitulina*) in the Danish Wadden Sea*. HELGOLÄNDER MEERESUNTERSUCHUNGEN. 43, 347-356

Umweltatlas Wattenmeer

www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/22606/

C. Vincent, B. J. McConnell, V. Ridoux, M. A. Fedak, 2002. Assessment of Argos Location Accuracy from Satellite Tags Deployed on captive gray seals

Vogel S. , 2000. Robben im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Heft 12

www.waddensea-secretariat.org

www.wattenmeer-nationalpark.de/leben/tiere/robben/seeh.htm

Appendix 1

Table1: Chronological course of activities for the individual seals. Different types of data were marked as follows:

Dark green: days with geographical position

Light green: days with just a contact between logger and satellite

White: days without any information

Yellow: Loggers that were retrieved

Pink: period without data for all animals

Spring 2005	55287	55289	55291	55295	55290	55293
m	m	m	m	m	m	m
19.03.2005						
20.03.2005						
21.03.2005						
22.03.2005	55°13/8°31	55°11/8°27	55°12/8°27	55°13/8°27	55°12/8°28	
23.03.2005	55°13/8°27	55°11/8°26	55°32/8°03	55°12/8°27		
24.03.2005	55°14/8°30			55°12/8°27		
25.03.2005	55°12/8°27		55°33/8°03	55°12/8°26		
26.03.2005	55°13/8°31		55°34/8°02	55°13/8°26	55°11/8°24	
27.03.2005	55°12/8°30	55°12/8°31		55°13/8°30	55°05/7°46	
28.03.2005			55°33/8°03	55°12/8°27		
29.03.2005			55°33/8°03	55°13/8°27		
30.03.2005	55°12/8°29		55°32/8°01	55°14/8°27		
31.03.2005			55°32/8°04	55°56/8°07		55°04/8°26
01.04.2005	55°12/8°25					
02.04.2005	55°12/8°25	55°12/8°31				55°04/8°26
03.04.2005		55°12/8°33	55°13/8°30		55°13/8°30	55°04/8°26
04.04.2005			55°12/8°28			
05.04.2005			55°12/8°28			
06.04.2005		55°12/8°31	55°13/8°27			
07.04.2005	55°12/8°30	55°12/8°31	55°13/8°31		55°13/8°30	
08.04.2005		55°12/8°31	55°13/8°28		55°13/8°30	
09.04.2005			55°13/8°30		55°13/8°30	
10.04.2005			55°13/8°27		55°13/8°33	
11.04.2005			55°12/8°28		55°13/8°30	55°12/8°27
12.04.2005		55°12/8°26	55°12/8°27		55°13/8°31	55°05/8°27
13.04.2005	55°13/8°28	55°12/8°31	55°13/8°30		55°12/8°30	
14.04.2005	55°12/8°30	55°12/8°32	55°11/8°29	55°19/8°26		
15.04.2005	55°12/8°31	55°12/8°31	55°12/8°27			
16.04.2005	55°12/8°28	55°12/8°31	55°08/27	55°33/8°28		54°42/8°14
17.04.2005				54°33/8°30	55°12/8°30	54°42/8°15
18.04.2005	55°12/8°33		55°32/8°00	54°33/8°30	55°12/8°31	
19.04.2005	55°12/8°31	55°12/8°27		54°33/8°30		
20.04.2005	55°12/8°30			54°33/8°30		
21.04.2005		55°12/8°26	55°32/8°04	54°32/8°29		
22.04.2005		55°12/8°31	55°32/8°04	55°33/8°28		54°42/8°14
23.04.2005		55°12/8°31		54°32/8°29		54°42/8°14
24.04.2005	55°13/8°31			54°34/8°29		
25.04.2005	55°13/8°31			54°33/8°28		
26.04.2005			55°32/8°03	54°33/8°30		
27.04.2005	55°12/8°32		55°32/8°03	54°35/8°28		
28.04.2005	55°10/8°27			54°33/8°29		
29.04.2005	55°12/8°31	55°12/8°27	55°32/8°04	54°33/8°32		
30.04.2005	55°12/8°31	55°12/8°31		54°33/8°29		
01.05.2005		55°12/8°27	55°12/8°30	54°33/8°28		
02.05.2005			55°12/8°27	54°10/8°56	55°12/8°28	
03.05.2005						

04.05.2005						
05.05.2005						
06.05.2005						
07.05.2005						
08.05.2005						
09.05.2005						
10.05.2005	55°13/8°38		55°13/8°29	54°33/8°29		
11.05.2005	55°13/8°30			54°33/8°33		
12.05.2005	55°13/8°30					
13.05.2005				54°42/8°14		
14.05.2005	55°13/8°29					
15.05.2005		55°13/8°32	55°32/8°03			
16.05.2005				54°42/8°15		
17.05.2005						
18.05.2005		55°13/8°29				55°40/8°15
19.05.2005						
20.05.2005			55°32/8°03			
21.05.2005	55°12/8°31			54°33/8°29		
22.05.2005	55°12/8°32					
23.05.2005	55°12/8°31		55°30/8°03	54°42/8°15		54°36/8°30
24.05.2005			55°32/8°03	54°42/8°15		54°36/8°30
25.05.2005	55°12/8°31		55°31/7°56		55°12/8°28	
26.05.2005	55°12/8°31	55°11/8°33	55°32/8°04			54°40/8°15
27.05.2005		55°12/8°30		54°42/8°15		
28.05.2005			55°13/8°33			54°40/7°50
29.05.2005	55°12/8°30		55°13/8°31			54°36/8°30
30.05.2005			55°13/8°30			54°37/8°29
31.05.2005			55°32/8°04	54°33/8°29		
01.06.2005			55°41/7°51	54°33/8°29		
02.06.2005	55°12/8°29		55°33/8°04			
03.06.2005			55°33/8°02			
04.06.2005						
05.06.2005						54°24/8°53
06.06.2005						54°25/8°37
07.06.2005						54°25/8°38
08.06.2005					55°12/8°32	54°25/8°38
09.06.2005	55°13/8°30	55°13/8°29	55°12/8°26			
10.06.2005	55°13/8°29		55°13/8°29			
11.06.2005			55°13/8°29	54°33/8°29	55°13/8°30	
12.06.2005					55°15/7°49	
13.06.2005				54°36/8°30		
14.06.2005						
15.06.2005	55°12/8°31	55°13/8°30	55°32/8°02			
16.06.2005	55°13/8°30	55°12/8°30		54°33/8°29		
17.06.2005	55°12/8°31				55°12/8°30	
18.06.2005		55°13/8°25			55°05/7°54	
19.06.2005		55°13/8°25			55°07/8°47	54°30/8°28
20.06.2005	55°13/8°31	55°14/8°35	55°13/8°30			54°30/8°28
21.06.2005	55°09/8°38		55°13/8°31		55°13/8°30	
22.06.2005		55°13/8°30			55°11/7°58	
23.06.2005		55°13/8°31	56°28/7°20	54°38/8°36		
24.06.2005	55°13/8°28	55°13/8°29	55°33/8°02	54°38/8°37	55°19/8°32	54°26/8°36
25.06.2005	55°15/8°34		55°12/8°26	54°38/8°37	55°17/8°31	54°25/8°37
26.06.2005		55°13/8°28	55°11/8°32		55°19/8°32	
27.06.2005	55°13/8°32	55°04/8°27			55°19/8°33	
28.06.2005					55°19/8°30	
29.06.2005	55°12/8°29		55°13/8°34		55°19/8°32	
30.06.2005	55°13/8°29		55°13/8°30		55°19/8°33	
01.07.2005	55°11/8°29	55°13/8°30			55°19/8°33	54°39/8°17
02.07.2005	55°11/8°30	55°13/8°28			55°19/8°34	
03.07.2005	55°13/8°30	55°13/8°28			55°19/8°32	
04.07.2005	55°12/8°28	55°14/8°30			55°19/8°32	
05.07.2005		55°12/8°29			55°19/8°33	54°25/8°37
06.07.2005	55°13/8°30					
07.07.2005	55°14/8°30				55°19/8°30	

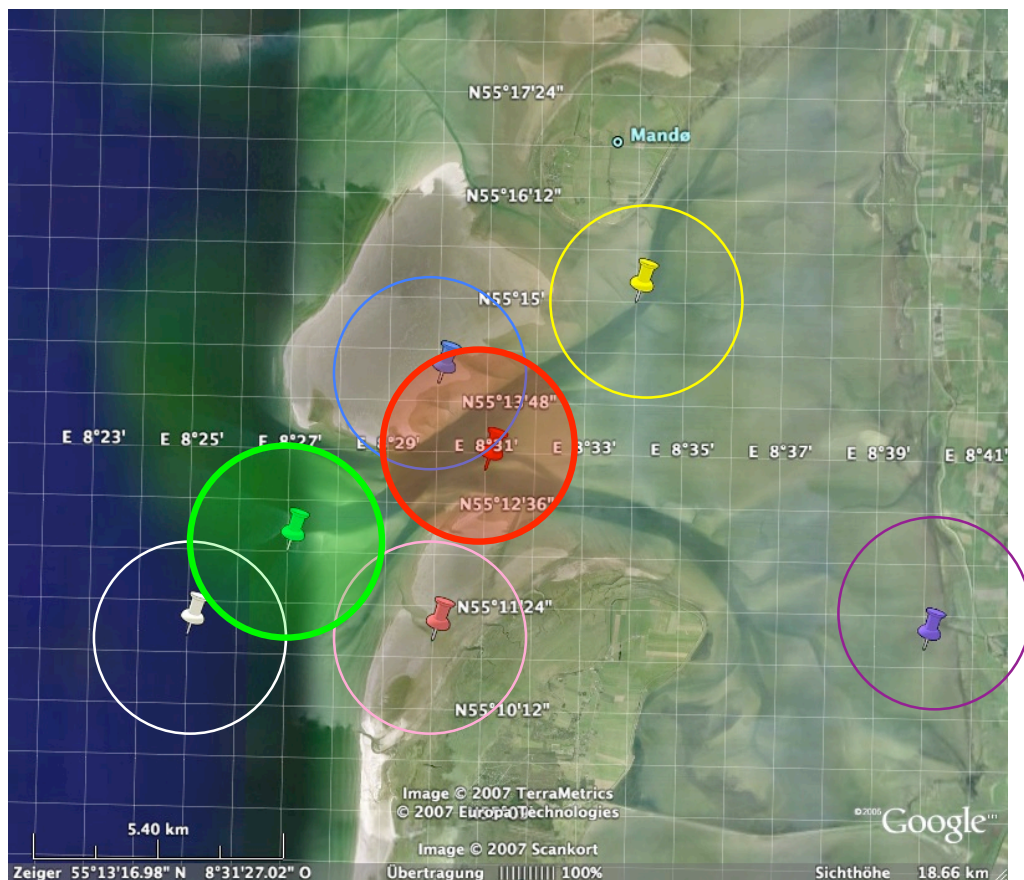
08.07.2005	55°11/8°25	55°13/8°28		55°19/8°29	54°33/8°28
09.07.2005	55°11/8°28	55°13/8°28			
10.07.2005					
11.07.2005	55°12/8°28	55°13/8°28		54°38/8°37	54°35/7°49
12.07.2005	55°13/8°29	55°13/8°28			
13.07.2005					55°13/8°30
14.07.2005				54°38/8°37	
15.07.2005		55°13/8°28			
16.07.2005				54°55/8°18	
17.07.2005	55°11/8°39	55°21/8°8			
18.07.2005	55°11/8°40				54°26/8°27
19.07.2005		55°13/8°28			54°26/8°28
20.07.2005		55°10/8°26			54°26/8°28
21.07.2005		55°10/8°29		54°38/8°37	54°26/8°28
22.07.2005		55°10/8°29			54°23/8°36
23.07.2005		55°10/8°29			54°23/8°36
24.07.2005		55°10/8°29			
25.07.2005		55°10/8°28			54°24/8°39
26.07.2005		55°10/8°29			54°17/8°36
27.07.2005		55°10/8°29			54°17/8°36
28.07.2005					
29.07.2005					54°17/8°36
30.07.2005					
31.07.2005					
01.08.2005		55°8/8°24			
02.08.2005		55°6/8°31			
03.08.2005					
04.08.2005					
05.08.2005					
06.08.2005					
07.08.2005					
08.08.2005					
09.08.2005					
10.08.2005		55°10/8°28			
11.08.2005		55°10/8°28			
12.08.2005					
13.08.2005		55°10/8°28			
14.08.2005					
15.08.2005					

Appendix 2

Cards representing the haul out locations of the animals:

The coloured pins mark the haul out positions of the animal; the circles around illustrate the possible inaccuracy of the geographical positions and the frequency of the use (1-5 times → thin circle; 6-15 times → middle circle; >16 times → thick circle)

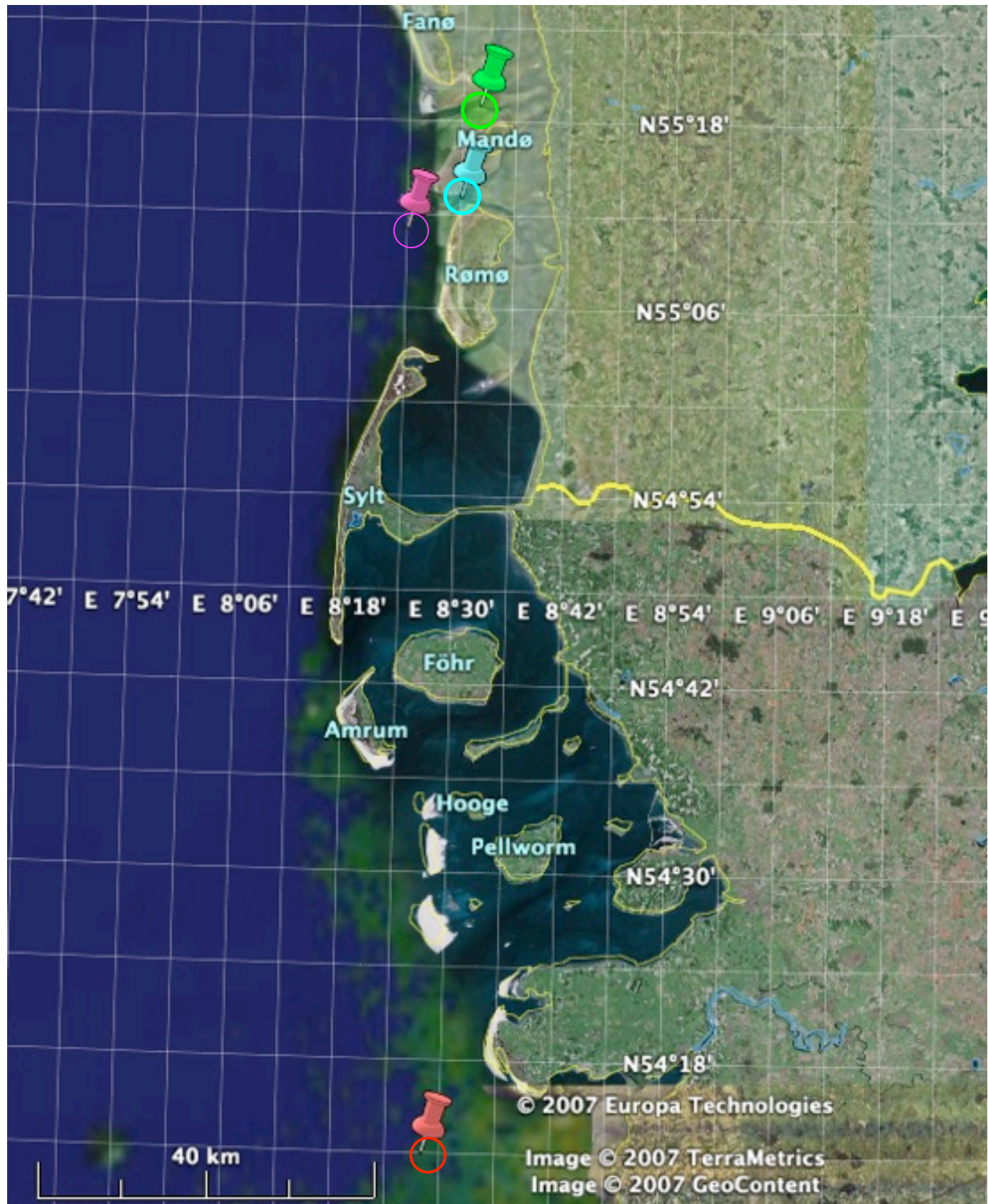
Spot 55287



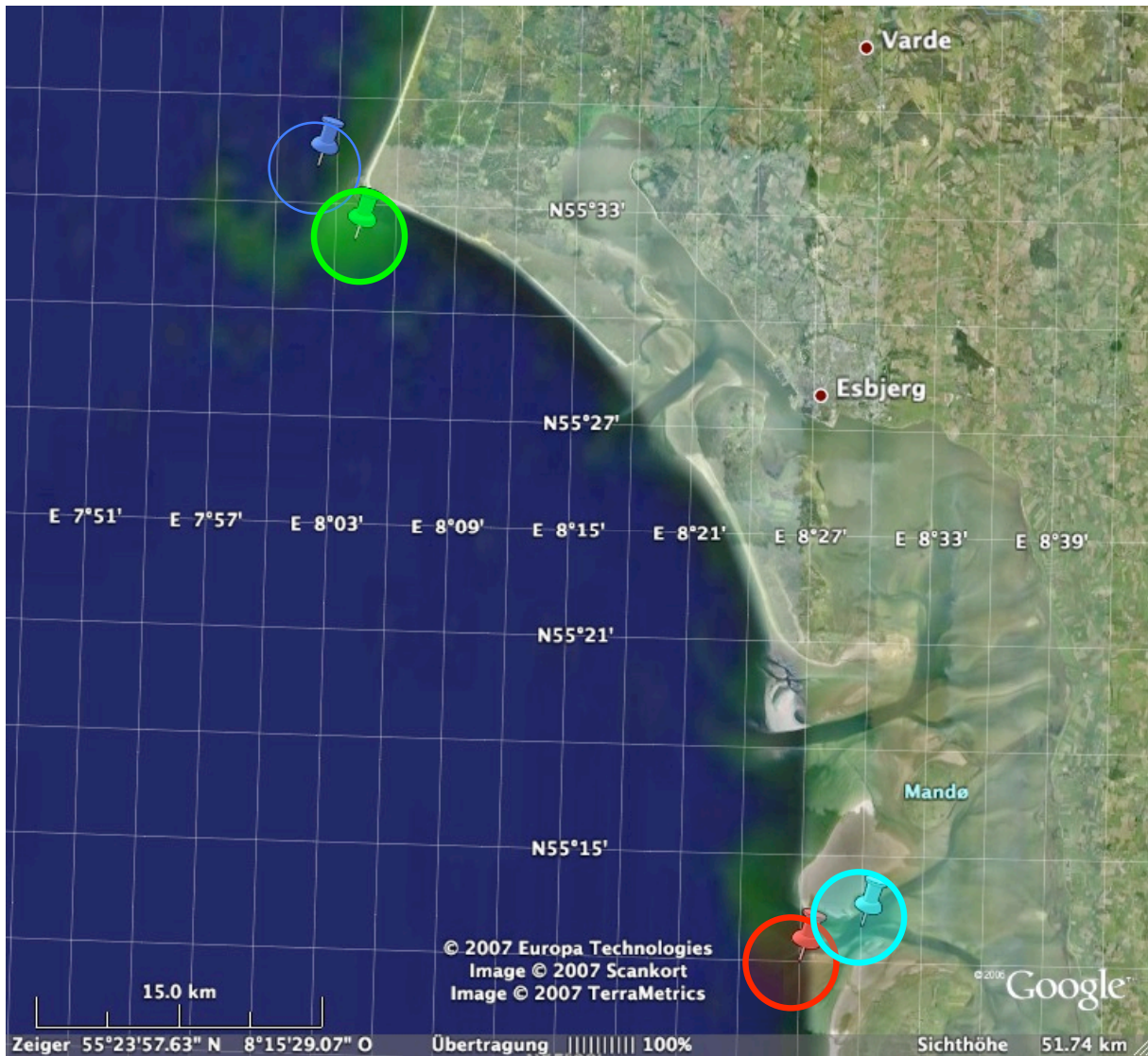
Spot 55289



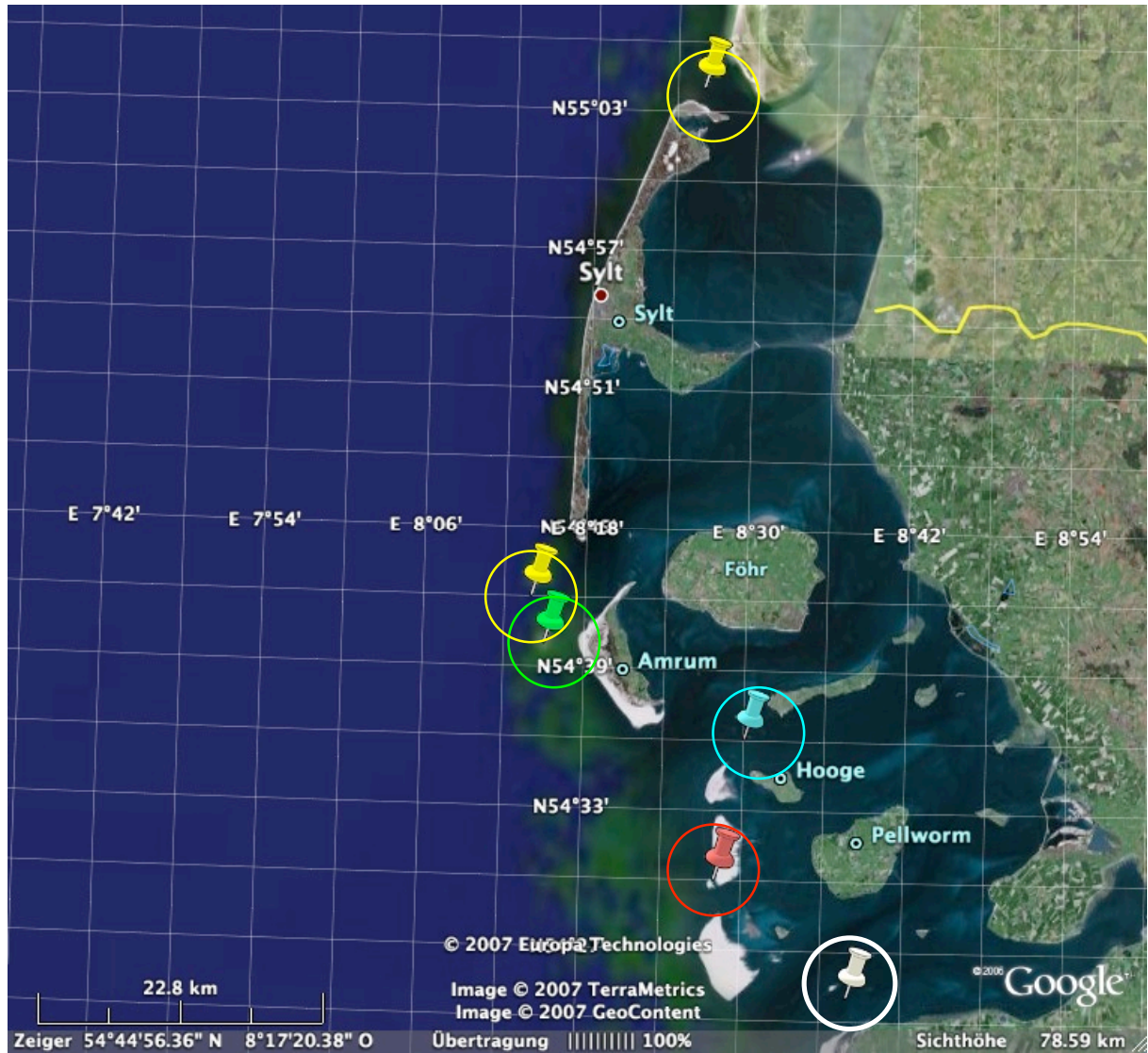
Spot 55290



Spot 55291



Spot 55293



Spot 55295

