

Erprobung von Klickdetektoren zur Erfassung von Schweinswalen im Sommer und Herbst 2002 im Seegebiet westlich von Sylt

1. Zwischenbericht



**Ansgar Diederichs
Thomas Grünkorn
Dr. Georg Nehls**

Hockensbüll, Oktober 2002

im Auftrag der Offshore-Bürger-Windpark Butendiek GmbH & Co. KG

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Methode	4
2.1 Allgemeiner Ansatz	4
2.2 Technische Beschreibung eines T-PODs	5
2.3 Verankerung des T-PODs	5
2.4 Einstellung des T-PODs (settings)	6
2.5 Ausbringungsorte der T-PODs	9
2.6 Anzahl und Aufzeichnungsdauer einzelner T-PODs	9
2.7 Schleppen von T-PODs	11
2.8 Parameter	11
3. Ergebnisse	13
3.1 Test 1	13
3.2 Test 2	16
3.3 Test 3	32
3.4 Zusammenfassung der Tests	34
3.5 Ausbringung der PODs an unterschiedlichen Stationen	35
4. Diskussion	40
5. Bewertung und Vorschläge für das Begleitmonitoring	42
6. Zusammenfassung	45
7. Literatur	47

1. Einleitung

Die Offshore-Bürger-Windpark Butendiek GmbH & Co. KG plant die Errichtung von 80 Windenergieanlagen (WEA) mit einer Nennleistung von je 3 Megawatt in der Nordsee ca. 35 km westlich von Sylt. Das Planungsgebiet liegt in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Bundesrepublik Deutschland im Bereich der 20 m - Tiefenlinie.

Im Juni 2002 haben BioConsult SH, Hockensbüll und GFN, Kiel eine Umweltverträglichkeitsstudie für dieses Bauvorhaben vorgelegt. Das darin enthaltene Fachgutachten „Meeressäuger“ (GRÜNKORN et al. 2002) basiert auf Linien-Transektuntersuchungen von den Beobachtungsplattformen Schiff und Flugzeug und behandelt insbesondere die großräumige Verbreitung und Phänologie des Schweinswals (*Phocoena phocoena*) westlich von Sylt. Die Untersuchungen zeigten, dass insbesondere Flugzeugzählungen für die Charakterisierung der Schweinswalvorkommen in dem Seegebiet westlich Sylt geeignet sind. Ein Problem der Zählungen ist jedoch, dass die Sichtungsrate selbst bei Flugzeugzählungen so gering ist, dass nur ein kleiner Teil der erhobenen Daten auf das relativ kleine Planungsgebiet (ca. 30 km²) entfällt. Auch wenn die Daten damit eine belastbare Bewertung des Planungsgebietes erlauben, wird es schwierig, mit dieser Methodik den Effekt des geplanten Windparks zu bewerten, da je Zählung nur einzelne Sichtungen auf das Planungsgebiet selbst entfallen. Dies würde nicht genügen, um moderate Reaktionen (Ab- oder Zunahmen < 50%) vor dem Hintergrund natürlicher Schwankungen zu erkennen und statistisch abzusichern. Da es aufgrund der hohen Ansprüche der Flugzeugzählungen an die Wetterbedingungen kaum möglich ist, den Zählaufwand zu steigern, wird der Einsatz von Klickdetektoren empfohlen. Dies sind Geräte, welche die Orientierungslaute von Schweinswalen registrieren und aufzeichnen. Das soll eine kontinuierliche Erfassung von Schweinswalen ermöglichen, damit ein größeres Datenmaterial von definierten Standorten erhoben werden kann.

Der Einsatz von Klickdetektoren zur automatischen Registrierung von Schweinswalen ist keine erprobte Technik. Erste Erfahrungen mit Geräten des derzeit einzigen europäischen Herstellers sind durchaus ermutigend, jedoch waren die ersten Studien noch durch zahlreiche technische Schwierigkeiten (TEILMANN et al. 2001, 2002) und offenkundige Unterschiede in der Sensitivität individueller PODs geprägt. Die Geräte werden noch laufend weiter entwickelt. Dänische Wissenschaftler (TEILMANN et al. 2002, SKOV et al. 2002) haben kürzlich einen Untersuchungsansatz zur Ermittlung von relativen Bestandsveränderungen von Schweinswalen entwickelt und u.a. im Bereich des in diesem Jahr errichteten Offshore-Windparks Horns Rev/DK erprobt. Es liegen jedoch bislang zuwenig Erfahrungen vor, als dass ein für ein Gebiet entwickeltes Untersuchungskonzept direkt auf andere übertragen werden könnten.

Da es sich bei dem Einsatz von Klickdetektoren um eine wenig erprobte Technik handelt, haben wir im Sommer 2002 zunächst Voruntersuchungen im Bereich des Planungsgebietes Butendiek durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war es, Anhaltspunkte über den Umfang und die Variabilität der Daten zu erhalten, die mit diesen Geräten erfasst werden können, und ein Konzept für die weiteren Untersuchungen zu erstellen.

2. Methode

2.1 Allgemeiner Ansatz

Schweinswale orientieren sich unter Wasser mit Hilfe kurzer hochfrequenter Klicklaute, die sie aussenden und anhand deren Echos die Umgebung taxieren und Beute aufspüren (Echolokation). Ein POD (Porpoise Detector) ist ein Gerät, das mit Hilfe eines Hydrofons diese Klicklaute aufnimmt und nach Vorgabe verschiedener Filter in digitale Daten umwandelt und abspeichert. PODs können somit die Anwesenheit von Schweinswalen aufzeichnen, wenn diese in geeigneter Entfernung zum Gerät schwimmen und Klicklaute aussenden. Da Schweinswale ihre Klicklaute gerichtet aussenden, wird deren Aufzeichnung durch die Aktivität des Tieres, die Entfernung und die Schwimmrichtung in Bezug zum POD beeinflusst.

Da die Echolokation als die wichtigste Sinneswahrnehmung bei Schweinswalen angenommen wird, sollten sie meistens Klicklaute aussenden und eine Korrelation der Häufigkeit von Klicks mit der Schweinswaldichte wäre wahrscheinlich. Zur Zeit ist die Beziehung zwischen Echolokationsraten und Dichten der Tiere nicht bekannt. KOSCHINSKI & CULIK (2001) konnten in klaren und von Land aus sehr gut einsehbaren Gewässern in Kanada keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl von gesichteten Tieren und der Anzahl aufgezeichneter Klicklaute herstellen, so dass die Autoren davon ausgehen, mit Hilfe der PODs keine quantitativen Angaben zur Schweinswaldichte machen zu können. Ebenso ist unklar, bis zu welcher Entfernung Schweinswale aufgezeichnet werden können. Nach Angaben des Herstellers und Erfahrungen von Sven Koschinski (pers. Mitt.) sind es wenige hundert Meter, wobei dies von Verhalten und Schwimmrichtung der Wale abhängig ist.

PODs liefern somit Daten über die relative Anwesenheitsfrequenz von Schweinswalen an einem Standort, die sich bislang nicht in Anzahl Schweinswale umrechnen lassen. Eine Bestandsaufnahme ist damit derzeit nicht möglich. Unter der Annahme, dass die Aufzeichnungsrate nicht wesentlich durch unterschiedliche Empfindlichkeiten individueller Geräte beeinflusst wird, lassen sich aber relative Unterschiede zwischen Standorten und zeitliche Veränderungen erfassen.

2.2 Technische Beschreibung eines T-PODs

PODs werden von Nick Tregenza (www.chelonia.demon.co.uk) entwickelt und hergestellt. Ein POD ist ein autonomer Datenlogger, welcher hochfrequente Geräusche aufzeichnet.

Die Geräte wurden im Verlauf der letzten Jahre kontinuierlich weiterentwickelt. Wir setzen die seit 2000 hergestellten T-PODs (V2-Version) ein, welche im Gegensatz zu den älteren Geräten ein externes Hydrofon enthalten und darüber hinaus die Aufnahme und Analyse einzelner Klicks ermöglichen, womit insbesondere Schweinswalklicks von weiteren Schallquellen unterschieden werden können. Bei einem Kalibrationsversuch am 12. und 13. Juli setzten wir zwei PODs der V1-Version ein (auch mit externem Hydrofon).

Das Gehäuse besteht aus einem 70 cm langen PVC-Rohr mit einem externen Hydrofon an einem und einem Schraubdeckel am anderen Ende. In dem Rohr befindet sich ein Verstärker, ein elektronischer Filter mit einem 8 MB RAM Datenspeicher, zwei Batterieeinheiten von je sechs 1,5 Volt D-Batterien und einem seriellen Anschluss für die Kommunikation mit einem PC. Die Batterien sollen zwischen 3° C bis 25° C unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen sein, obwohl niedrige Temperaturen einen schnelleren Spannungsabfall bewirken. TEILMANN et al. (2002) konnten nachweisen, dass bis zu einer Batteriespannung von 5,1 Volt die Energiezufuhr keinen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Gerätes hatte. Um potenziellem Datenverlust durch zu geringe Batteriespannung vorzubeugen, entschieden wir, die Batterien unterhalb einer Batteriespannung von 6,5 V auszuwechseln.

Die Geräte können bis zu einer Wassertiefe von 120 m eingesetzt werden. Die Alterung der Keramik soll die Empfindlichkeit des Hydrophons um wenige Prozent innerhalb von zehn Jahren senken, was unter Berücksichtigung der erwarteten und insbesondere der tatsächlichen Einsatzdauer eines Gerätes unwesentlich ist.

Laut Hersteller arbeitet das Hydrofon omnidirektional und hat seine höchste Sensitivität im Bereich von typischen Schweinswalklicks (120 kHz).

2.3 Verankerung des T-PODs

Erfahrungen des Herstellers Nick Tregenza zeigten, dass T-PODs nahe des Meeresbodens mit höherer Wahrscheinlichkeit Schweinswalklicks aufzeichneten, als gleichzeitig an der Oberfläche ausgebrachte Geräte (TEILMANN et al. 2002). Wir haben daher - in Übereinstimmung mit dänischen Untersuchungen im Zusammenhang mit Offshore-Windparks (TEILMANN et al. 2002, SKOV et al. 2002) - die Geräte zwei Meter über dem Meeresboden mit dem Öffnungswinkel des Hydrofons in den freien Wasserkörper nach oben angebracht. Unter Berücksichtigung der Verluste zahlreicher Geräte anderer Anwender haben wir keine auffälligen Warnbojen oder -tonnen ausgebracht, sondern den Ankerplatz des PODs mit einem ca. 80 cm großen blauen Fender markiert (Abb. 1).

Um einen Verlust durch die Fischerei möglichst auszuschließen, versenkten wir das POD-Ankersystem in direkter Nähe zu bestehenden Warntonnen im Umfeld des Planungsgebietes (Seezeichen zur Markierung meteorologischer Messstationen, Untiefentonne).

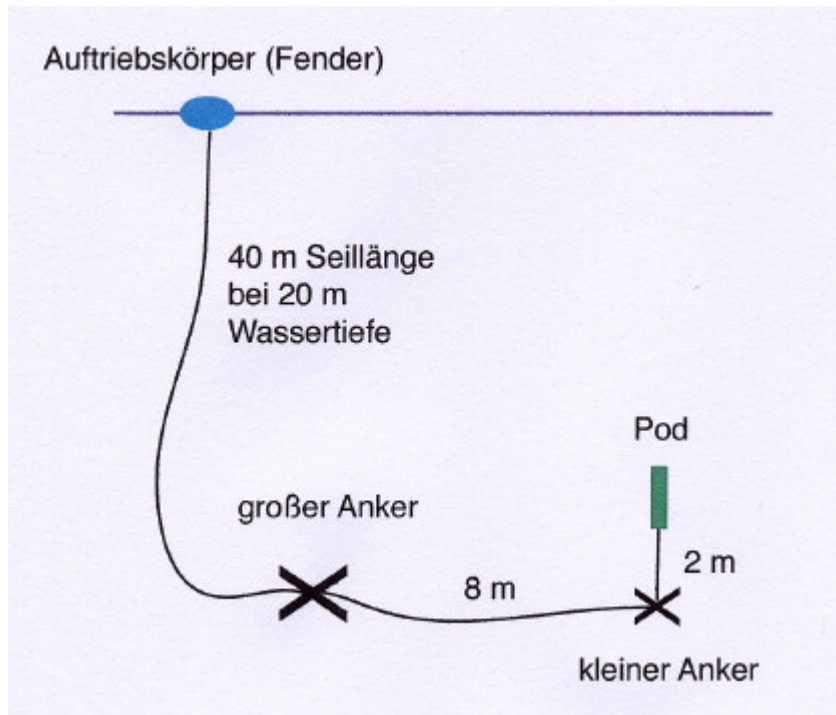


Abb. 1: Verankerungstechnik von T-PODs am Meeresgrund.

Im Verlauf der Untersuchung stellten wir eine starke Beanspruchung der Seile an den Knoten zum Auftriebskörper und zum Anker fest und verloren einen T-POD, als sich ein 8 mm Seil an der Verbindungsstelle zum Anker durchgescheuert hatte. Zuletzt setzten wir ein 50 m langes 12 mm starkes Kernmantelseil ein. Der Fender und beide Anker sind an mit Draht gesicherten Schäkeln in Seilschlaufen gesichert, die durch Metallkauschen verstärkt sind. Der T-POD ist mit zwei Karabinern in eine Seilschleife eingehakt.

2.4 Einstellung des T-PODs (settings)

Jede Minute durchläuft der T-POD sechs „Scans“ mit einer Länge von 9,2 Sekunden. Für jeden Scan können individuelle Einstellungen vorgenommen werden, um eine möglichst hohe Sensitivität der Geräte gegenüber Schweinswalklicks zu erreichen oder z. B. um mit einem Scan Geräusche von Bootsmotoren aufzuzeichnen.

Der POD erkennt Echo-Lokationslaute von Schweinswalen durch den Vergleich zweier Filterausgänge A und B. Jeder der beiden vom Benutzer individuell einstellbaren Filter blockiert alle Frequenzen außer jenen, die sich um das Frequenzzentrum des Filters befinden. Durch fünf verschiedene Einstellungsmöglichkeiten kann versucht werden, eine möglichst hohe Empfindlichkeit gegenüber Schweinswalklicks zu erreichen bei gleichzeitiger Vermeidung der Aufzeichnung von schweinswalähnlichen Störgeräuschen:

1. Frequenzzentrum der beiden Filter:

Das Frequenzzentrum des ersten Filters A sollte im Zentrum der Klickfrequenz von Schweinswalen (130 KHz) liegen, das Zentrum des zweiten Filters B etwas unterhalb dieser Frequenz (90 KHz).

2. Schärfe der Filter:

Die Schärfe der Filter bedeutet die Frequenzbandbreite um das Frequenzzentrum. Je größer die Schärfe, desto weniger Frequenzen um das Frequenzzentrum werden aufgezeichnet und um so sensitiver reagiert der Filter auf Frequenzen im Zentrum. Niedrigere Schärfe im ersten Filter als im zweiten erhöht die Sensitivität gegenüber Schweinswalklicks.

3. Das Verhältnis der Schallenergie von Filter A zu Filter B:

Je geringer das Energieverhältnis zwischen den beiden Filtern, desto empfindlicher zeichnen die PODs auf, desto größer aber auch die Gefahr Störgeräusche aufzuzeichnen.

4. Die untere Schallintensitätsschwelle von Filter A:

Je geringer die Schwelle, desto mehr Geräusche werden aufgezeichnet.

5. Maximale Anzahl Klicks pro Scan:

In Gebieten mit vielen Störgeräuschen, die im Frequenzspektrum von Schweinswallauten liegen (z.B. von starker Strömung bewegter Sand) kann eine maximale Klickanzahl verhindern, dass die Speicherkapazität des PODs zu schnell erreicht wird.

Die Signale werden in Echtzeit aufgezeichnet, so dass es durch die zeitliche Auflösung der Klicks möglich wird, Klickabfolgen („trains“) zu erkennen. Die Klickdaten können mit Hilfe des Programms TPOD.exe ausgelesen und auf die Wahrscheinlichkeit von echten Schweinswalklicks hin geprüft werden. Als Textdatei ist ein Export der Daten in Tabellenkalkulationsprogramme möglich.

Nach mehreren Testdurchläufen haben wir nach Absprache mit Nick Tregenza und Jonas Teilmann die zur Aufzeichnung von Schweinswalklicks im Bereich des wenig schiffbefahrenen Bereichs westlich von Sylt günstigsten Filtereinstellungen in allen sechs Scans benutzt und somit 55,2 Sekunden pro Minute mit denselben Einstellungen aufgezeichnet (Abb. 2).

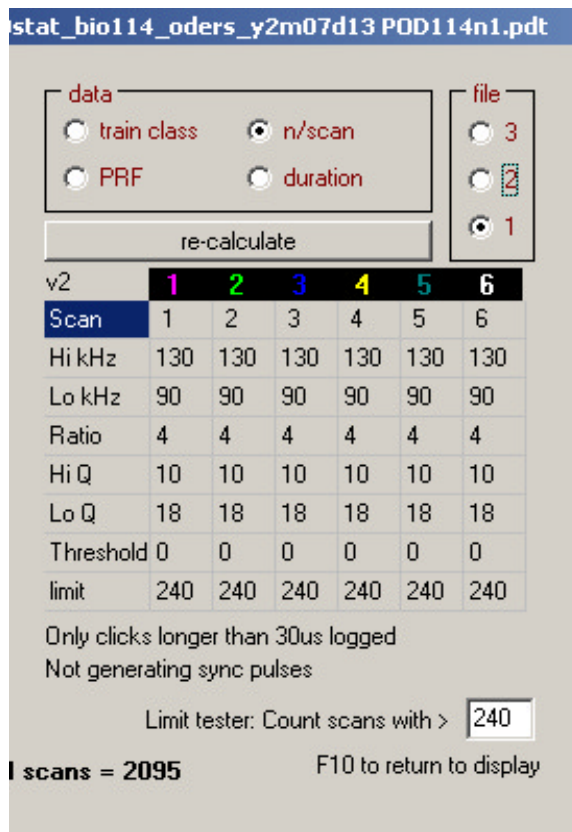


Abb. 2: In dieser Untersuchung verwendete Scan-Einstellungen im Programm T-POD.exe.

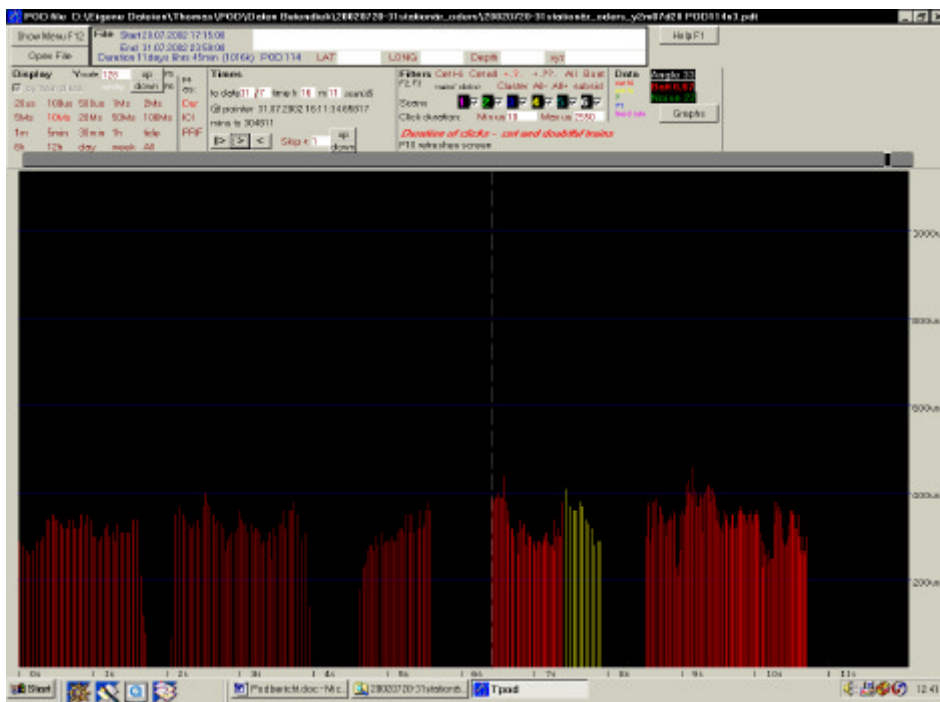


Abb. 3: Beispiele von Klick-Aufzeichnungen mit T-POD.exe: Aufzeichnungen ohne Filter (Wahrscheinlichkeit aufgezeichneter Klicks: rot und gelb = sicher (Cet hi und Cet all), grün = wahrscheinlich (+?), blau: fraglich (+??).

2.5 Ausbringungsorte der T-PODs

Für die Voruntersuchungen wurden zunächst verschiedene Standorte im Planungsgebiet und seiner Umgebung gewählt, an denen bereits Seezeichen vorhanden waren, die einen Schutz gegen Verluste durch Fischereiaktivität boten (Abb. 4). Wo dies nicht der Fall war wurden die PODs neben dem ankernden Schiff ausgelegt, ein längerfristiger Betrieb erfolgte dann nicht.

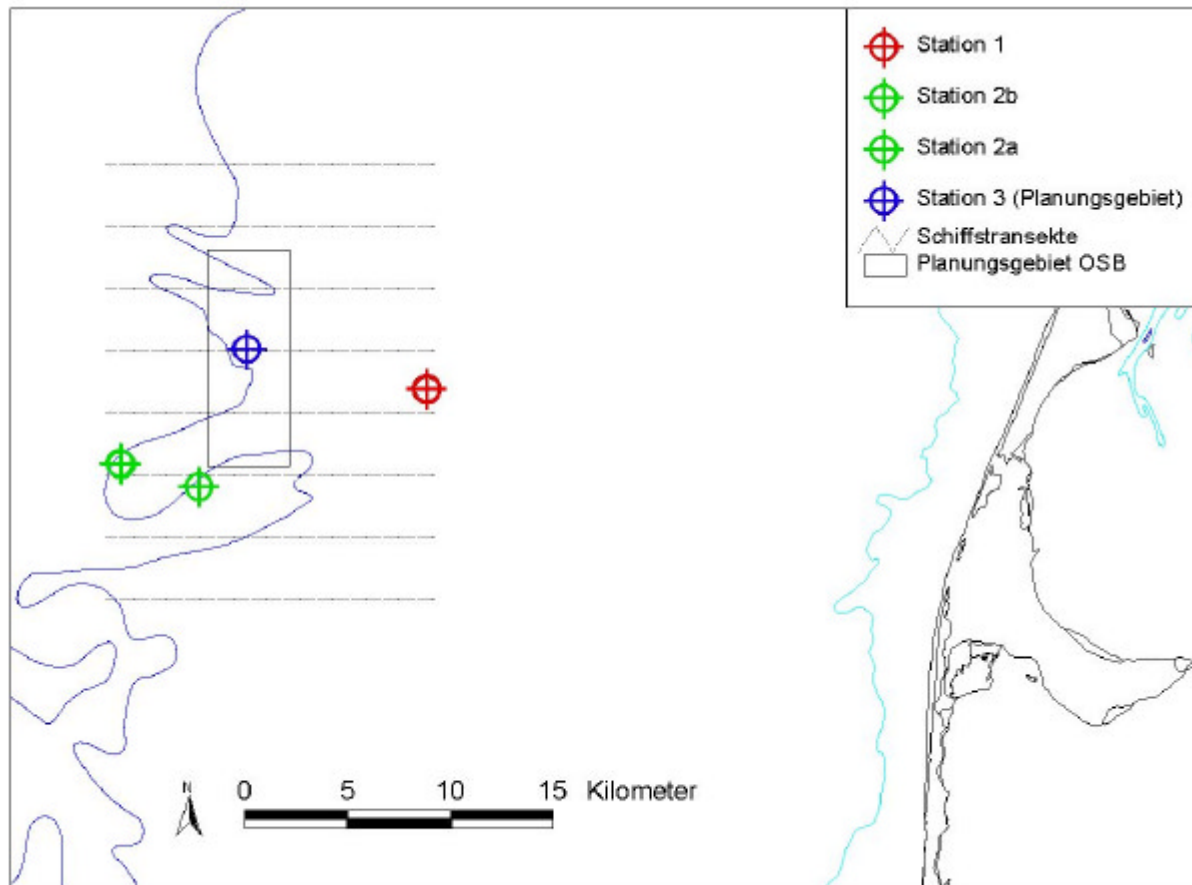


Abb. 4: Lage und Bezeichnung der vier Stationen an denen T-PODs westlich von Sylt ausgebracht wurden.

2.6 Anzahl und Aufzeichnungsdauer einzelner T-PODs

Das Projekt startete am 6. Juli 2002 mit zunächst einem T-POD (114). Nach verschiedenen Einstellungstests konnten ab dem 7. Juli auswertbare Daten erhoben werden. Ab dem 2. August standen uns zwei weitere T-PODs zur Verfügung (133 und 135), ab dem 17. August wurden zusätzlich die T-PODs 150 und 151 eingesetzt. Alle

ausgebrachten PODs lieferten auswertbare Daten. Verschiedene Probleme verhinderten bei einigen Geräten eine kontinuierliche Datenaufzeichnung:

POD 151 und POD 150 konnten am 25. August bzw. 18. Oktober nicht mehr geborgen werden. POD 133 zeichnete seit dem 13. September keine Daten mehr auf und wurde an den Hersteller zurückgeschickt.

Am 12. und 13. Juli führten wir einen Vergleich zwischen unserem T-POD 114 und zwei älteren (v2-) PODs 67 und 68 durch.

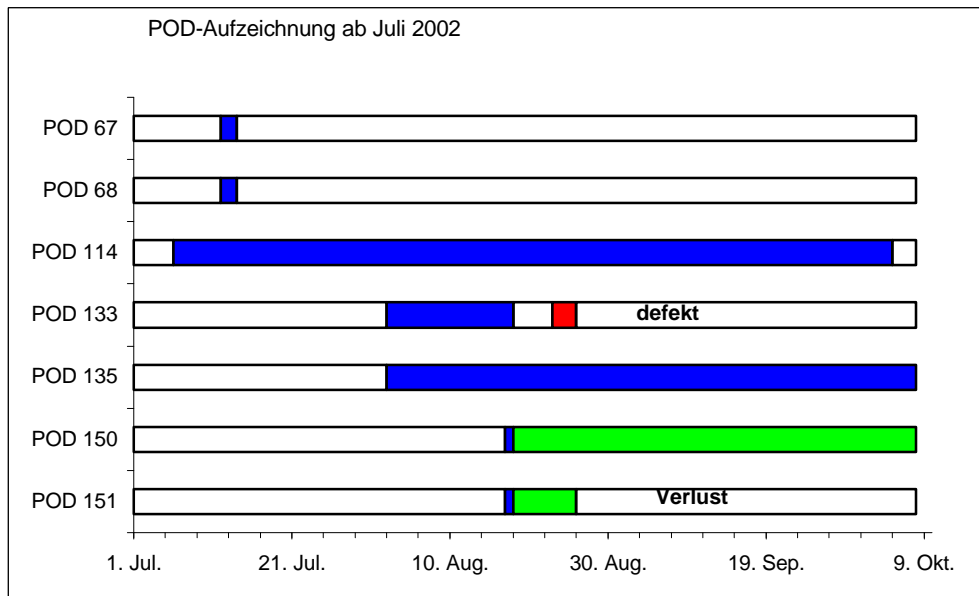


Abb. 5: Datenaufzeichnung ausgebrachter PODs seit 6. Juli 2002. rot = Planungsgebiet; grün = Station2; blau = Station 1. (POD 67 und 68 wurden nur an zwei Tagen zu Kalibrationsversuchen eingesetzt).

Insgesamt konnten in 5.528 Stunden (= 230,3 Tagen) Daten aufgezeichnet und ausgewertet werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl Stunden, in denen die einzelnen Geräte Daten aufgezeichnet haben.

Tab. 1: Anzahl Stunden mit auswertbaren Daten. Der einzelnen PODs.

POD-Nr.	POD 114	POD 133	POD 135	POD 150	POD 151	POD 67	POD 68
Anzahl Stunden	2.128,8	386,2	1.562,4	1.216,8	192,4	20,5	20,5

2.7 Schleppen von T-PODs

PODs können hinter dem fahrenden Schiff her gezogen werden. Hintergrund dieser Methode ist die Hoffnung, dass durch die Aufzeichnung der Klicklaute eine höhere Anzahl an Schweinswalkontakten erfasst werden könnte als durch die Sichtungen. Dies würde vor allem bei ungünstigen Wetterbedingungen einen Vorteil bieten, wenn die Sichtungsmöglichkeiten eingeschränkt sind. Wir haben im Juli 2002 Versuche mit einer vom Hersteller empfohlenen Schleppvorrichtung durchgeführt, die insoweit funktionierte, dass die PODs stabil im Wasser lagen. Die Geräte zeichneten keine Schweinswalklicks auf, obwohl parallel dazu Sichtungen von Schweinswalen gelangen. Bei geschleppten PODs besteht grundsätzlich die Schwierigkeit, dass sich die Schweinswale vom Schiff und damit von dem geschleppten POD entfernen. Dies würde die Aufzeichnung von Klicklauten verhindern. Die Versuche mit geschleppten PODs wurden nicht fortgeführt. SKOV et al. (2002) beschreiben zwar eine Konstruktion für den Einsatz geschleppter PODs, gewannen aber bis zum Jahresende 2001 keine Daten.

2.8 Parameter

In Anlehnung an TEILMANN et al. (2002) untersuchten wir insgesamt sechs unterschiedliche Parameter, die mit Hilfe des T-POD Programms (TPOD.exe) in Minuteneinheiten aufgezeichnet wurden:

1. Klickfrequenz

Die Klickfrequenz ist der Anteil an Minuten, in denen Klicks aufgezeichnet wurden an der Gesamtanzahl Minuten eines Tages oder einer Stunde, in denen der POD aufzeichnete. Die Klickfrequenz wird in Prozent angegeben.

Klickfrequenz = Anzahl Minuten mit Klicks / Gesamtanzahl Minuten

2. Klickintensität

Die Klickintensität gibt für die registrierten Minuten mit Schweinswalaktivität an, wie viele Klicks pro Minute aufgezeichnet wurden. Die Klickintensität wird auf Tage oder Stunden gemittelt.

Klickintensität = Summe von Klicks / Anzahl Minuten mit Klicks

Aktivitätsereignis

Ein weiteres Maß zur Analyse der POD-Daten ist die Untersuchung von Aktivitätsereignissen („events“). Ein solches Ereignis wird definiert als eine enge Folge von Minuten mit Klickaktivität. Zwei Ereignisse werden definitionsgemäß durch eine Pause von mehr als 9 Minuten ohne Aufzeichnung von Klicks getrennt. Das bedeutet, dass zwei Minuten mit Schweinswalklicks, die weniger als 10 Minuten auseinander

liegen (z. B. 9:01 Uhr und 9:11 Uhr zu einem Ereignis gehören (9 Minuten Abstand) mit einer Ereignisdauer von 11 Minuten. Haben die Minuten 9:01 Uhr und 9:12 Uhr Klicks aufgezeichnet, so liegen 10 Minuten dazwischen. Diese beiden Aktivitätsminuten werden als zwei getrennte Ereignisse der Dauer von einer Minute gewertet.

3. Ereignisdauer

Die Dauer von der ersten Minute eines Ereignisses bis zur letzten Minute wird als Ereignisdauer bezeichnet. Die Ereignisdauer wird wie die anderen Parameter als Mittelwert auf Stunden oder Tage angegeben, wobei immer der Start des Ereignisses berücksichtigt wird.

4. Anzahl Ereignisminuten

Neben der mittleren Dauer eines Ereignisses kann auch die Summe der Ereignisminuten Aufschluss über die unterschiedliche Sensitivität einzelner PODs liefern. Dieser Parameter unterscheidet sich von der Klickfrequenz dadurch, dass hier alle Minuten vom Start bis zum Ende eines Aktivitätsereignisses einbezogen werden, also auch Minuten ohne Klickaktivität, wenn sie nicht länger als 9 Minuten hintereinander liegen.

5. Wartezeit

Die Wartezeit ist die Dauer in Minuten zwischen zwei Ereignissen. Dieser Parameter wird auf Tage oder Stunden gemittelt, wobei sich der Zeitpunkt der Wartezeit auf den Beginn eines Aktivitätsereignisses bezieht, also auf das Ende der jeweilig betrachteten Wartezeit. Wartezeiten, die z. B. zwischen 0:00 Uhr und 1:00 Uhr beendet werden, werden dieser Zeit zugeordnet, auch wenn die Wartezeit länger als eine Stunde betragen hat.

6. Anzahl Ereignisse

Ein weiterer Parameter für die Aktivität von Schweinswalen ist die mittlere tägliche oder stündliche Anzahl an Ereignissen, wobei diejenigen Ereignisse, die über einen Tages- oder Stundenwechsel gehen, immer zum Zeitpunkt des Beginns gewertet werden.

3. Ergebnisse

3.1 Test 1

12. und 13. Juli:

Als erster Test der Geräte sollte geprüft werden, ob unsere eingesetzten PODs Schweinswalklicks oder aber Störgeräusche aufzeichnen. Dazu haben wir am 12. und 13. Juli den POD 114 mit zwei Geräten einer älteren Baureihe v1 verglichen, deren Geräte bereits erfolgreich von TEILMANN et al. (2002) in dänischen und KOSCHINSKI & CULIK (2001) in kanadischen Gewässern eingesetzt wurden. Insgesamt lagen die PODs 67, 68 und 114 20,5 Stunden in einem Abstand von ca. 2 m nebeneinander.

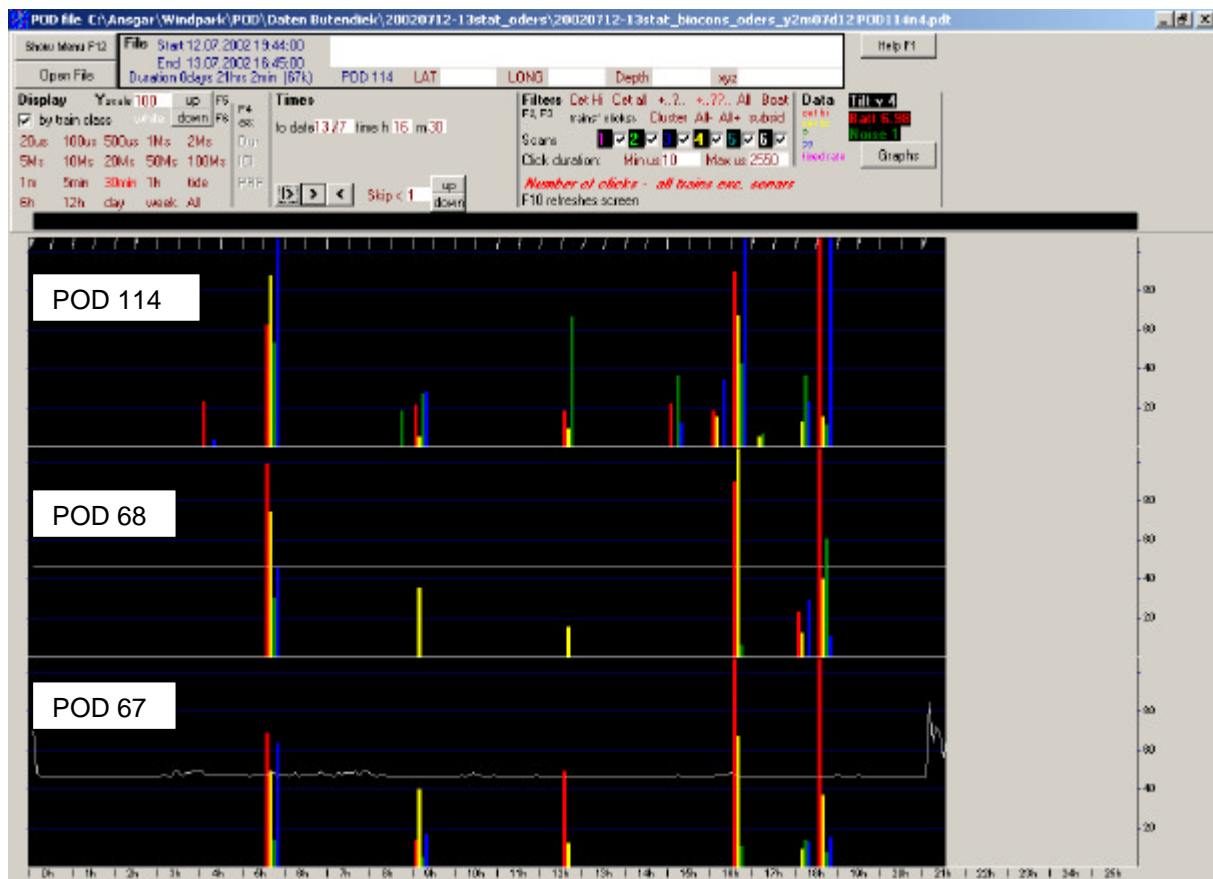


Abb. 6: 20stündige Aufzeichnung der drei nebeneinanderliegenden PODs 67, 68 und 114. Die Abbildung zeigt die zeitliche Abfolge von Klickabfolgen („click-trains“), die in dieser Auflösung als farbige Balken dargestellt werden. X-Achse: Stunden; Y-Achse Länge der Klicks in μ s. Farbige Linien entsprechen Schweinswalklicks (rot = sichere Schweinswalklicks, gelb = wahrscheinliche, grün = eventuelle, blau = unsichere).

Wie Abb. 6 verdeutlicht, zeichneten die Geräte Schweinswalklicks weitgehend parallel auf. Die beiden älteren PODs 67 und 68 registrierten insgesamt fünf mal sichere Schweinswalklicks (Abb. 6, rote und gelbe Balken). POD 114 registrierte zusätzlich an

drei weiteren Zeitpunkten Klicks, an denen die beiden anderen Geräte nichts aufzeichneten.

Um Klicks, die das Programm TPOD.exe als sichere Schweinswalklicks identifizierte (rote und gelbe Balken) gruppieren sich in allen drei PODs weitere Klicks, die das Programm als Klicks unsicherer Herkunft darstellt (grüne und blaue Balken).

Da diese „unsicheren“ Schweinswalklicks in direkter Folge zu „sicheren“ Klicks stehen, kann nach Auskunft des Herstellers davon ausgegangen werden, dass es sich dabei ebenfalls um Schweinswalklicks handelt. Um jedoch zu vermeiden, dass schweinswalähnliche Störgeräusche, beispielsweise von Schiffssonars, in die Auswertung mit einfließen, wurden für die weitere Auswertung der Aufzeichnungen alle Klicks gewertet, die das Programm TPOD.exe als sicher, wahrscheinlich oder eventuell als Schweinswalklicks deutete (rote, gelbe und grüne Balken).

Im Vergleich der drei Geräte ragt POD 114 in der Sensitivität für Schweinswalgeräusche heraus und registrierte insgesamt doppelt so viele Minuten mit Klicks wie die beiden älteren Geräte (Tab. 2).

Tab. 2: Klickaufzeichnung am 12. und 13. Juli 2002.

	Summe Minuten mit Klicks	Gesamtdauer [min]	Summe Klicks	Klickfrequenz	Klickintensität
POD 67	15	1.231	862	0,0122	57,47
POD 68	17	1.231	757	0,0138	44,53
POD 114	32	1.231	1.018	0,0260	31,81

Wird die Klickfrequenz nach Stunden aufgetrennt, so zeigt sich, dass POD 67 und 68 nahezu gleiche Ergebnisse liefern, während POD 114 deutlich davon abweicht (Abb. 7).

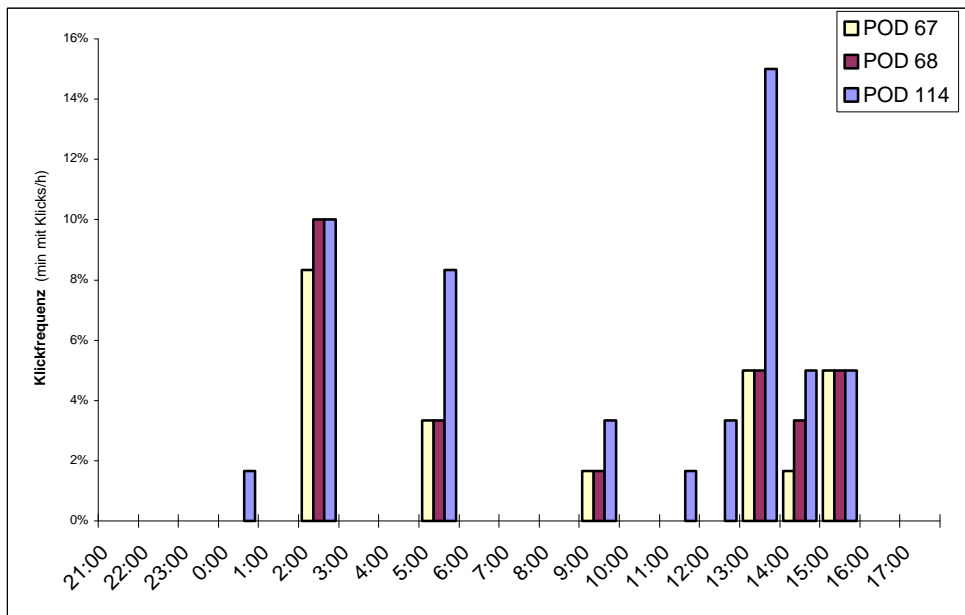


Abb. 7: Klickfrequenz von drei PODs am 12. und 13. Juli 2002.

Die Klickintensität hingegen unterschied sich nicht deutlich zwischen den alten und dem neuen Gerät, sondern zeigte sowohl zwischen den jeweiligen Geräten, als auch gemittelt zwischen den einzelnen Stunden Schwankungen zwischen 15 und 120 Klicks pro Minute (Abb. 8).

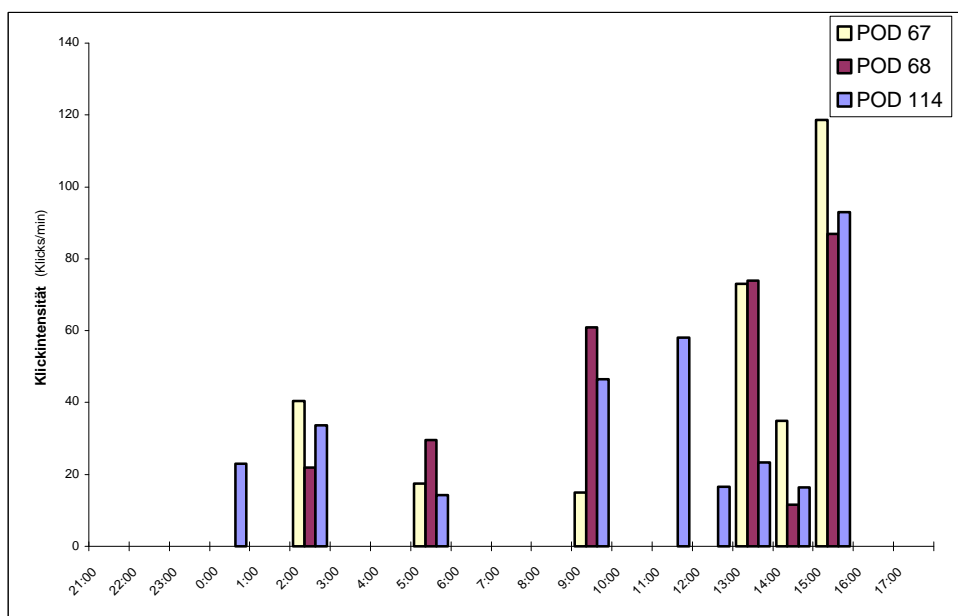


Abb. 8: Klickintensität von drei PODs am 12. und 13. Juli 2002.

3.2 Test 2

2. bis 16. August (PODs 114, 133, 135)

Nachdem im ersten Test gezeigt werden konnte, dass mit den PODs der neuen Generation (V2) Schweinswalklicks mit einer höheren Sensitivität aufgezeichnet werden, sollte in einem zweiten Test der Unterschied zwischen den von uns eingesetzten Geräten der neuen Baureihe getestet werden, indem die Geräte möglichst dicht nebeneinander ausgelegt wurden. Aus Sicherheitsgründen befestigten wir die PODs an drei getrennte Systeme und legten sie in einem Abstand von ca. 10 bis 20 m auseinander. Bei der Bergung der PODs am 16. August hatten sich die Ankerleinen von POD 133 und 135 ineinander verheddert, so dass diese beiden Geräte eng zusammen lagen. POD 114 lag ca. 20 m davon entfernt.

Eine Analyse der Rohdaten zeigt, dass auch in diesem Test die drei PODs parallel Geräusche aufzeichneten und diese als sichere Schweinswalklicks identifizierten (Abb. 9). Jedoch wird in diesem Test ein deutlicher Unterschied in der Sensitivität der drei PODs erkennbar. POD 133 als sensitivster POD zeichnete immer parallel zu den beiden anderen PODs Geräusche auf, darüber hinaus aber auch zu Zeiten, an denen die beiden anderen PODs nichts registrierten.

POD 114 zeigt die geringste Aufzeichnungsrate. Dieser POD registrierte nur 13 % aller Klicks von POD 133, bzw. 28 % der sicheren Schweinswalklicks von POD 133 (Tab. 3).

POD 135 lag in seiner Sensitivität zwischen den beiden anderen PODs und registrierte 38 % aller Klicks von POD 133, bzw. 59 % der sicheren Schweinswalklicks.

Tab. 3: Anzahl aller registrierten Klicks und Anzahl der durch das Programm T-POD.exe als sichere Schweinswalklicks ausgewiesene Klicks der verschiedenen PODs.

	POD 114	POD 133	POD 135
Summe aller Klicks	210.937	1.620.293	614.919
Summe sicherer Schweinswalklicks	23.646	85.483	50.705

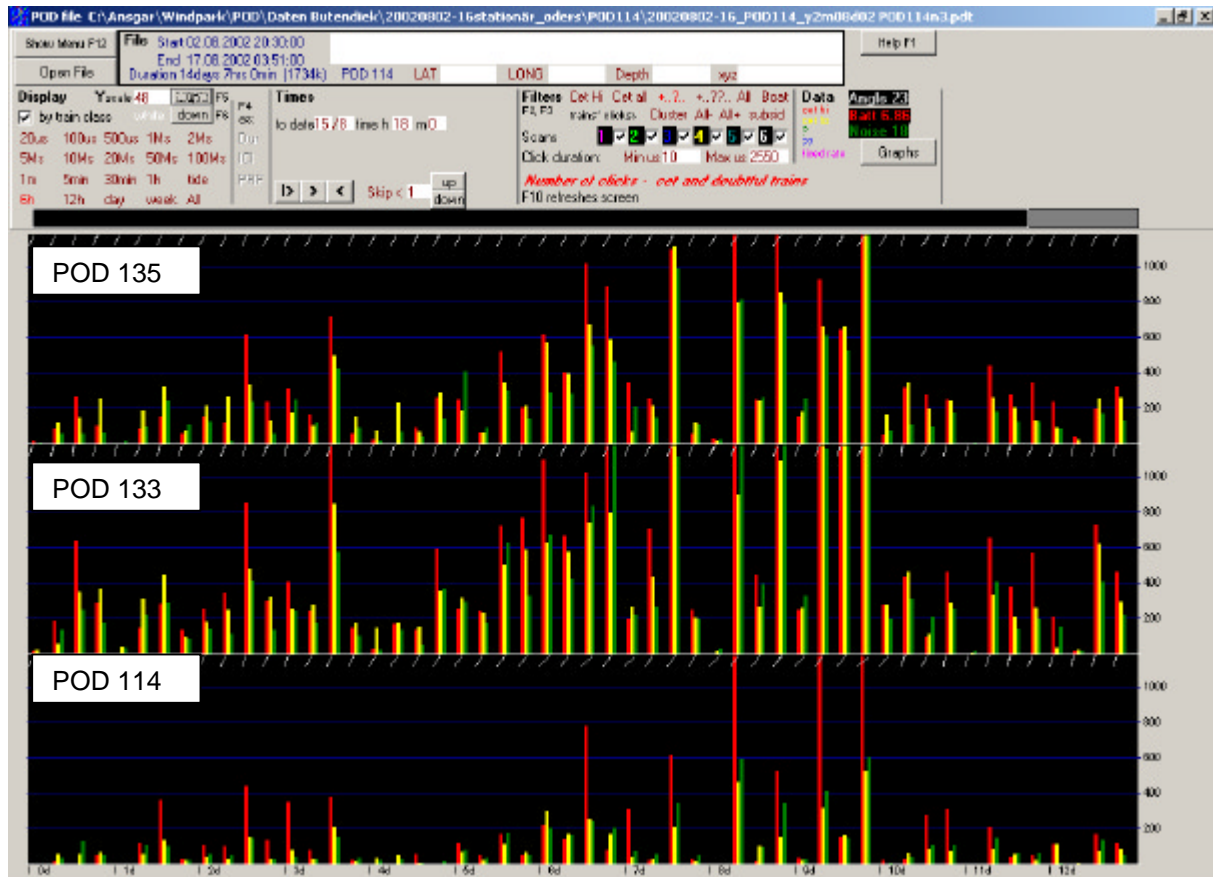


Abb. 9: 14tägige Aufzeichnung der drei nebeneinanderliegenden PODs 114, 133 und 135. Die Abbildung zeigt die zeitliche Abfolge von Klickabfolgen („click-trains“), die in dieser Auflösung als farbige Balken dargestellt werden. X-Achse: Tage; Y-Achse Länge der Klicks in μs . Farbige Linien entsprechen Schweinswalklicks.

Eine genauere Analyse der einzelnen Klickabfolgen („trains“) zeigt jedoch, dass die Erfassungsunterschiede zwischen den PODs geringer sind. Die programminternen Auswertungsfiler geben Wahrscheinlichkeiten an, ob es sich bei den detektierten Klickabfolgen um Schweinswalklicks gehandelt hat oder nicht. Diese Schweinswalklicks weisen eine bestimmte Regelmäßigkeit und eine bestimmte Frequenz auf. Abb. 10 zeigt ein Beispiel vom 15. August um 18:00 Uhr. Das obere Bild zeigt alle Klickabfolgen, die das Programm TPOD.exe als mögliche Schweinswalklicks bewertet. Die verschiedenen Farben stehen für unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten.

Alle drei PODs registrieren innerhalb von 45 Sekunden (5 Scans) Klickabfolgen. Die PODs 133 und 135 haben je neun Abfolgen von Klicks die in ihrem zeitlichen Auftreten überwiegend übereinstimmen. Das Programm TPOD.exe gibt aber unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten an, dass es sich um Schweinswalklickabfolgen handelt.

POD 114 hat dagegen nur vier Klickabfolgen registriert, deren programminterne Interpretation teilweise von den anderen PODs abweicht.

Im unteren Bild sind nun alle Klicks abgebildet, die innerhalb eines Scans von 9,3 Sekunden erfasst wurden, ohne dass eine Vorauswertung vorgenommen wurde. Es zeigt sich, dass alle drei PODs nahezu zeitgleich Geräusche registriert haben. Aufgrund

unterschiedlicher Ausprägung in Abfolge und Frequenz wurden die Klickabfolgen von TPOD.exe unterschiedlich klassifiziert und z.T. als Störgeräusche gar nicht dargestellt. Die Geräte registrieren grundsätzlich dieselben Geräuschquellen. Unterschiedliche Sensitivitäten der Hydrofone können zu Unterschieden in Frequenz und zeitlicher Abfolge der aufgenommenen Geräusche führen, so dass das Programm TPOD.exe das gleiche Geräusch unterschiedlich interpretiert.

Um zu vermeiden, dass tatsächliche Störquellen die Auswertung beeinflussen, bezieht sich die weitere Datenauswertung auf Klickabfolgen, die das Programm TPOD.exe als Schweinswalklicks bewertet, obwohl dadurch Klicks wenig sensitiver PODs aussortiert werden können.

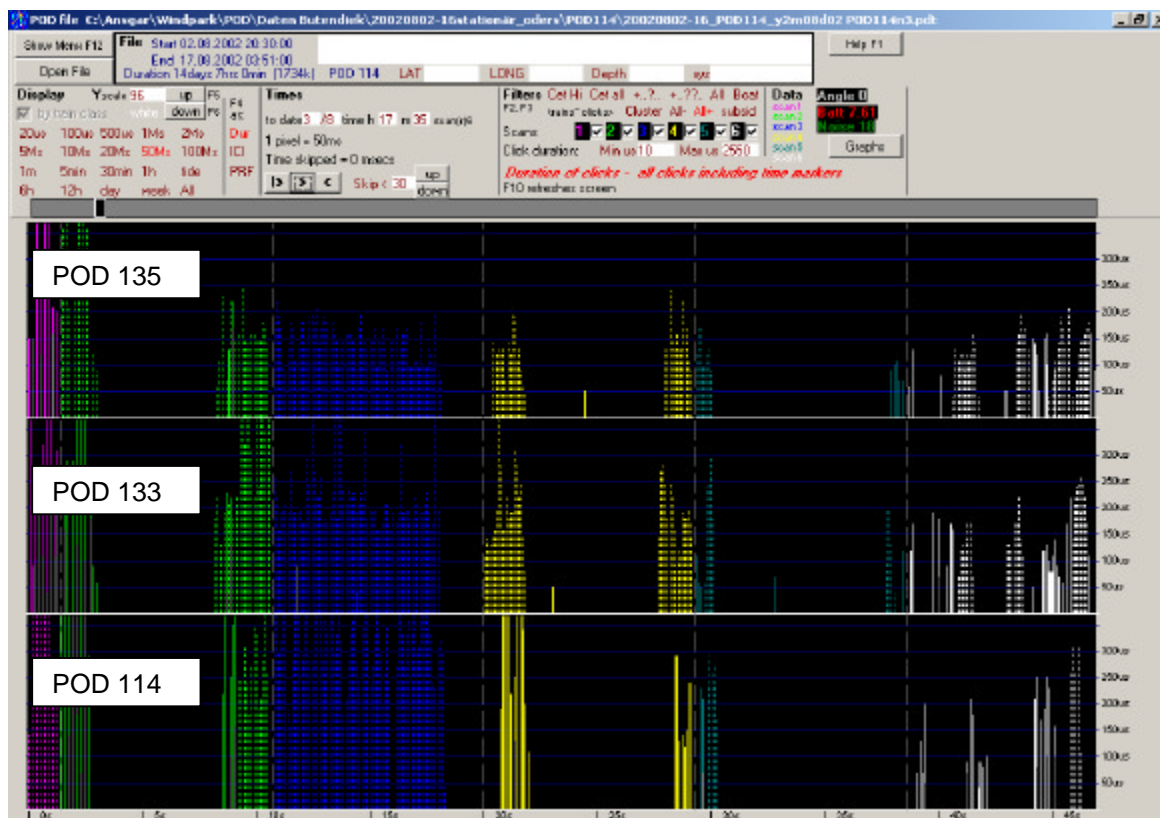
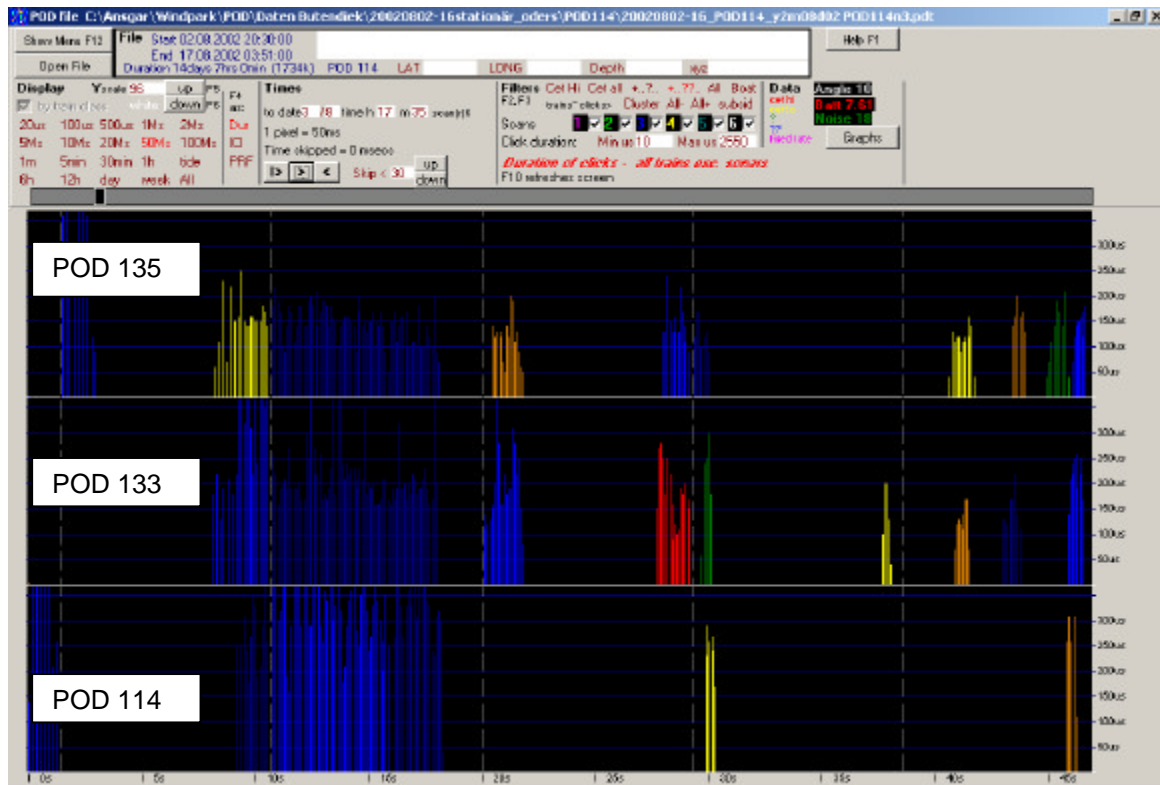


Abb. 10: Aufzeichnung verschiedener Geräusche durch die PODs 114, 133 und 135 zur selben Zeit (47 sec): Oben mit Filtereinstellung (rot = sichere Schweinswalklicks, gelb = wahrscheinliche, grün = eventuelle, blaue = unsichere). Unten alle Aufzeichnungen ohne Filter (lila = Scan 1, hellgrün = Scan 2, blau = Scan 3, gelb = Scan 4, dunkelgrün = Scan 5, weiß = Scan 6).

Tägliche Klickfrequenz

Die Tagesmittel der Klickfrequenz zeigen eine gleich verlaufende Phänologie bei den drei PODs mit einem Maximum am 12. August (Abb. 11). Die Sensitivität war jedoch sehr unterschiedlich. So zeichnete POD 114 in 1,3 % bis 6,6 % aller Minuten pro Tag Klicks auf, wohingegen POD 133 in 4,7 % bis 27,4 % der Minuten am Tag Schweinswale registrierte.

Abb. 12 zeigt, dass zwischen allen drei PODs eine starke positive Korrelation in der mittleren täglichen Klickfrequenz gegeben ist.

Die Geradensteigung zeigt an, dass POD 114 über 13 Tage 3,4fach und POD 135 1,6fach weniger Minuten pro Tag mit Klicks als der sensitivste POD 133 aufgezeichnet hat.

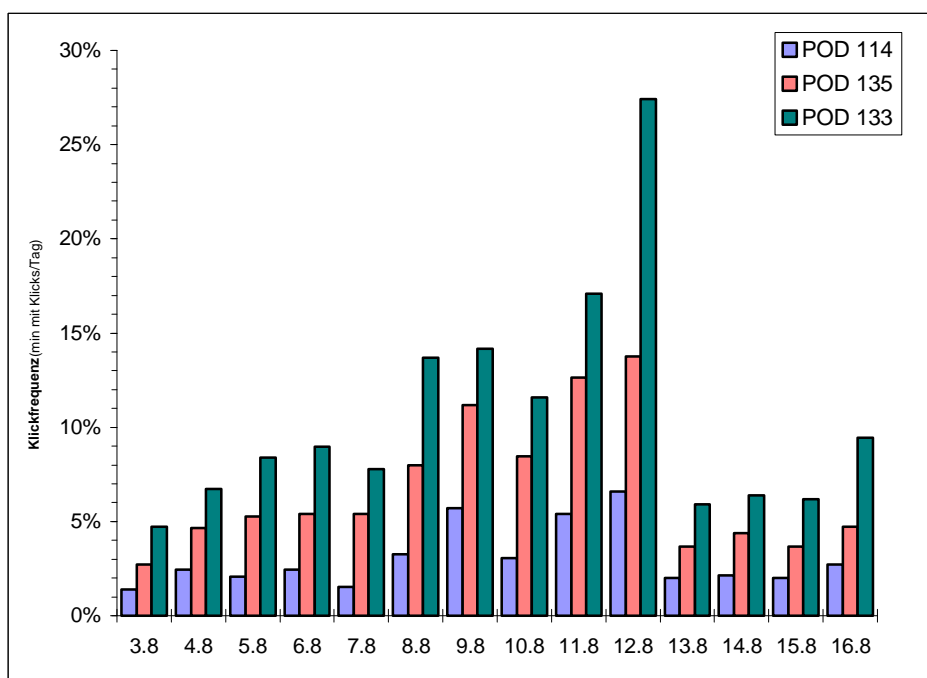


Abb. 11: Mittlere tägliche Klickfrequenz zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

Diesen über 13 Tage ermittelten Erfassungsunterschied haben wir in Abb. 13 als Korrekturfaktor verwendet und die mittlere tägliche Klickfrequenz der beiden weniger sensitiven Geräte mit diesen Faktoren multipliziert. Die mittlere tägliche Klickfrequenz gleicht sich dadurch zwischen den Geräten weitgehend an. Der maximale Unterschied zwischen POD 114 und POD 133 liegt am 9. August bei 7 %.

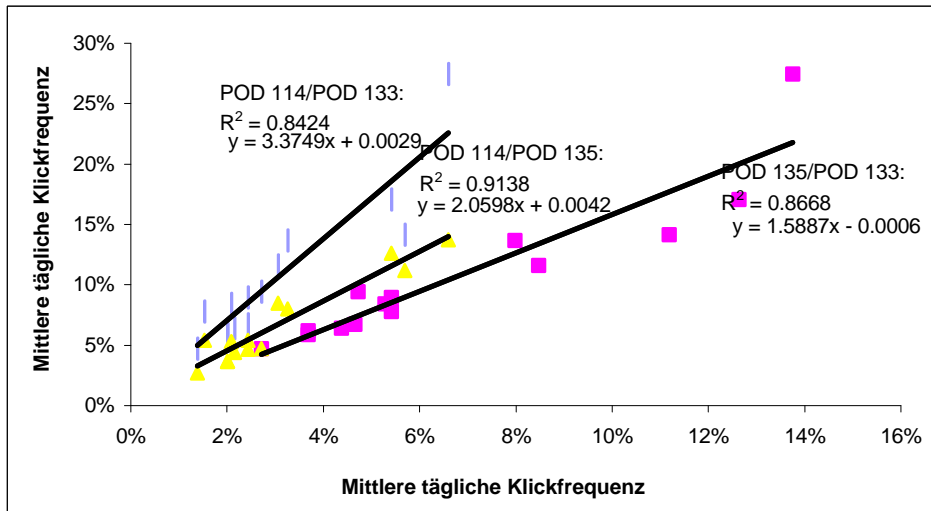


Abb. 12: Korrelation zwischen mittlerer täglicher Klickfrequenz der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002. Die Steigung wird als Korrekturwert benutzt.

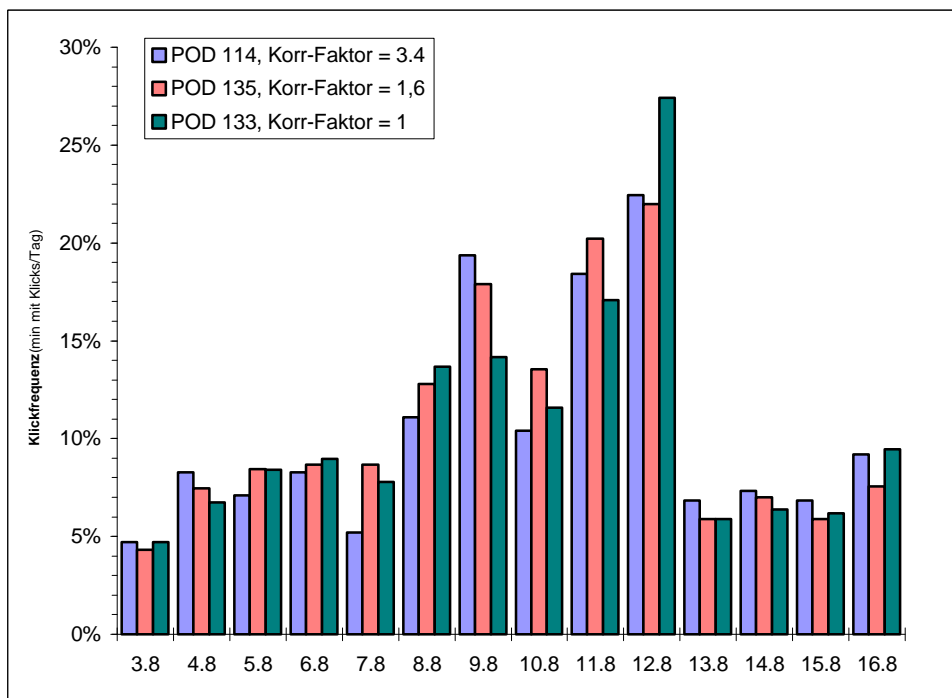


Abb. 13: Mittlere tägliche Klickfrequenz zwischen dem 3. und 16. August 2002, nachdem POD 114 und POD 135 mit Korrekturfaktoren multipliziert wurden, für die POD 133 als Basis genommen wurde.

Mit der mittleren täglichen Klickfrequenz kann eine Eichung der PODs vorgenommen werden, die einen Vergleich sowohl zwischen PODs als auch zwischen Standorten hinsichtlich dieses Parameters erlaubt.

Tägliche Klickintensität

Sowohl zwischen einzelnen Tagen als auch zwischen den einzelnen PODs zeigt die mittlere tägliche Klickintensität geringe uneinheitliche Schwankungen zwischen 15 und 120 Klicks pro Minute mit großen Standardabweichungen (Abb. 14). Die mittlere Klickintensität über den gesamten Zeitraum von 16 Tagen ist bei den drei PODs nahezu gleich und liegt bei 36 Klicks pro Minute.

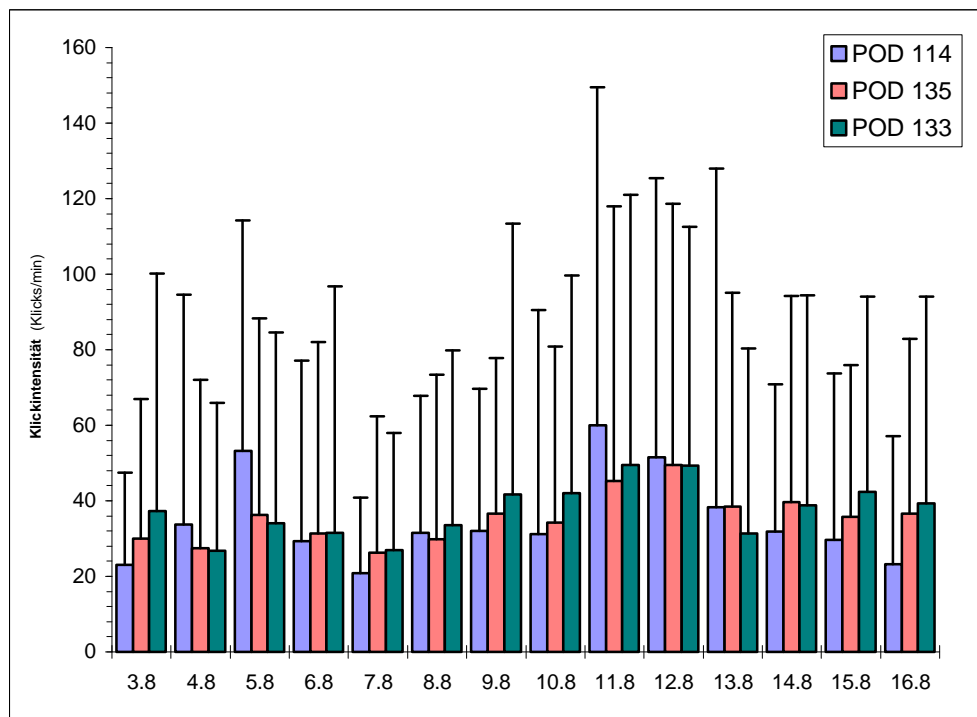


Abb. 14: Mittlere tägliche Klickintensität mit Standardabweichung zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

Die Klickintensität der einzelnen PODs ist miteinander korreliert (Abb. 15), jedoch ist diese Korrelation wesentlich schwächer ausgeprägt, was auch daran zu erkennen ist, dass die Intensität keiner gleichförmigen Phänologie zwischen den PODs folgt.

Ein hoher Anteil an Minuten pro Tag mit Schweinswalkontakten (= hohe Klickfrequenz) erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass sich zeitweise mehrere Schweinswale im Bereich des Hydrofons aufgehalten haben. Klicken mehrere Wale im Erfassungsbereich eines Hydrofons sollte sich die Klickintensität erhöhen, da – solange die Wale phasenverschoben klicken – mehr Klicks pro Minute auf das Hydrofon treffen als wenn nur ein Wal aufgezeichnet wird. Dieser Zusammenhang wird durch eine signifikante Korrelation von Klickfrequenz mit Klickintensität erkennbar, jedoch erklärt das Bestimmtheitsmaß ($R^2=0,21$) nur einen geringen Teil der Streuung der Daten (Abb. 16).

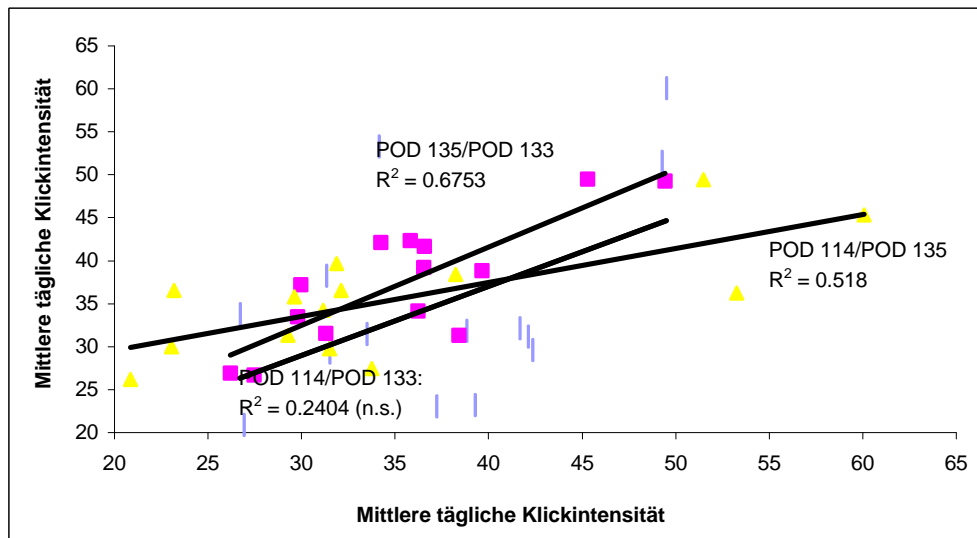


Abb. 15: Korrelation zwischen mittlerer täglicher Klickintensität der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002

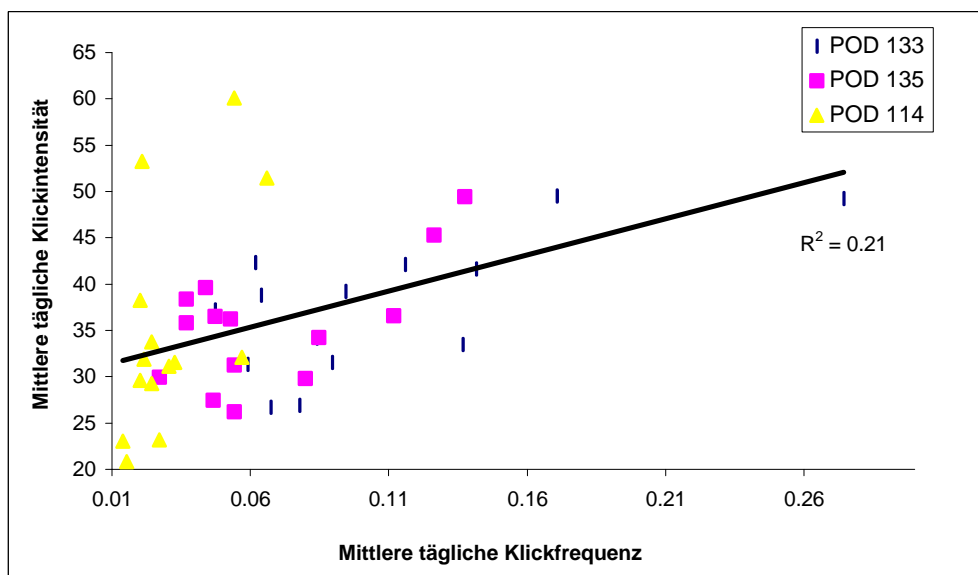


Abb. 16: Korrelation zwischen mittlerer täglicher Klickintensität und mittlerer täglicher Klickfrequenz der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002.

Aktivitätsereignisse

Zusätzlich zu den Parametern Klickfrequenz und Klickintensität untersuchten wir in diesem Test die bereits oben beschriebenen Parameter, die im Zusammenhang mit den Aktivitätsereignissen stehen.

Tägliche Ereignisdauer

Die mittlere tägliche Dauer eines Ereignisses zeigt erhebliche Schwankungen zwischen den verschiedenen Geräten und den verschiedenen Tagen (Abb. 17). Eine signifikante Korrelation bestand nur zwischen POD 133 und POD 135. Die unterschiedliche Sensitivität der PODs wird in diesem Parameter nur undeutlich abgebildet, da eine lange Ereignisdauer auch bei lückigem Empfang der Klicks möglich ist, solange der Abstand der registrierten Signale kürzer als 9 Minuten ist.

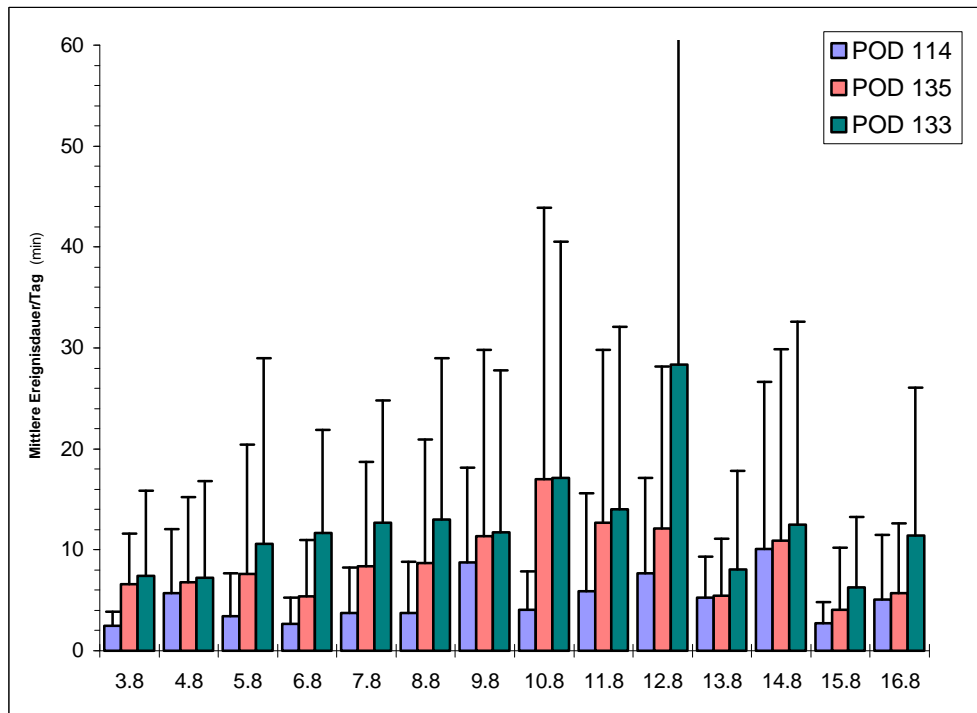


Abb. 17: Mittlere tägliche Ereignisdauer zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

Aufgrund dieser Schwankungen sehen wir in diesem Maß keinen geeigneten Parameter für die Beschreibung von Schweinswalvorkommen an einem Standort oder zur Bewertung eines Eingriffs in den Lebensraum dieser Tiere.

Tägliche Summe von Ereignisminuten

Die tägliche Summe von Ereignisminuten erscheint als ähnlich gut geeignet für einen Vergleich verschiedener Standorte wie die Klickfrequenz (Abb. 18), wobei zu beachten ist, dass die grundsätzliche Aussage beider Parameter sehr ähnlich ist.

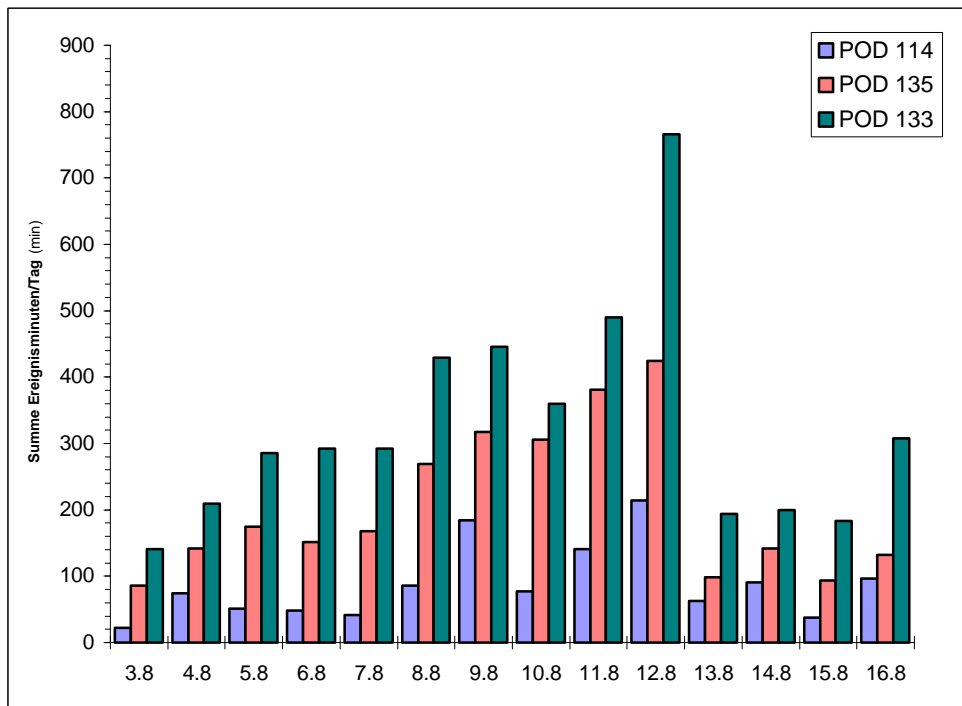


Abb. 18: Tägliche Summe von Ereignisminuten zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135

Obwohl die mittlere Ereignisdauer und die Summe von Ereignisminuten eng korreliert sind ($R^2 = 0,82$), zeigte sich, dass PODs unterschiedlicher Sensitivität bei ähnlicher Ereignisdauer sehr unterschiedliche Summen von Ereignisminuten pro Tag aufzeichnen können. Der Unterschied entsteht dadurch, dass der empfindlichere POD 133 mehr Ereignisse aufgezeichnet hat und die Anzahl an Ereignisminuten daher höher liegt. Die Dauer der Ereignisse war aber im Mittel gleich lang. So können maximal 131 Ereignisse der Dauer von einer Minute in 24 Stunden stattfinden (mittlere Ereignisdauer = 1 Minute, Summe der Ereignisminuten = 131). Registrierte der andere POD dagegen nur ein Ereignis mit der Dauer von 131 Minuten, so bleibt die Summe der Ereignisminuten gleich, die mittlere Ereignisdauer jedoch beträgt 131 Minuten.

Die Phänologie des Parameters ‚Ereignisminutensumme‘ entspricht der Phänologie der Klickfrequenz. Auch die Korrekturfaktoren mit POD 133 als sensitivster POD zur Basis sind mit 3,7 für POD 114 und 1,6 für POD 135 gleich.

Dieser Parameter entspricht somit in seiner Aussage weitgehend der Klickfrequenz, so dass wir in der weiteren Auswertung diesen Parameter nicht betrachten.

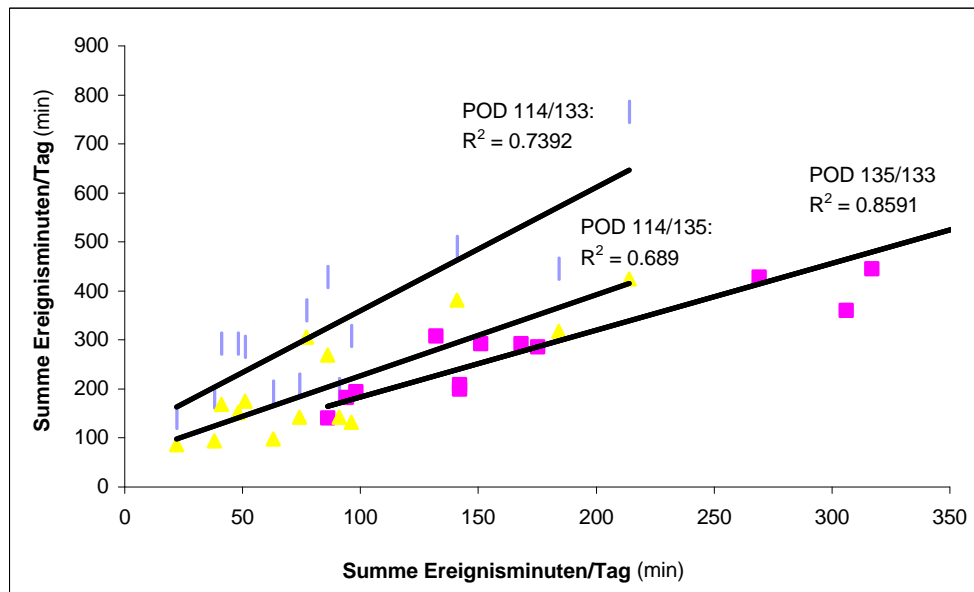


Abb. 19: Korrelation zwischen täglichen Summen von Ereignisminuten der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002.

Tägliche Anzahl Ereignisse

Der Parameter Anzahl der Ereignisse hängt sehr eng mit den vorherigen Parametern zusammen. Auch hier zeichnet sich die höhere Empfindlichkeit von POD 133 ab (Abb. 20). Vergleichbar mit dem Parameter Ereignisdauer verläuft die auch bei den vorherigen Indikatoren festgestellte Phänologie nicht bei allen drei POD parallel. Hatte POD 133 zwar am 12. August mit fast 800 Ereignisminuten den häufigsten Kontakt mit Schweinswalen innerhalb der 13 Tage, so ergibt sich aus der Anzahl der Ereignisse ein anderes Bild, was durch lange Ereignisse entsteht.

Aufgrund dieser geringeren Korrelation und der Gefahr, dass bei weniger empfindlichen PODs häufigere und längere Pausen zwischen einzelnen Kontakten zu einem Anstieg der Anzahl der Ereignisse führen könnte, wird dieser Parameter im Weiteren nicht betrachtet.

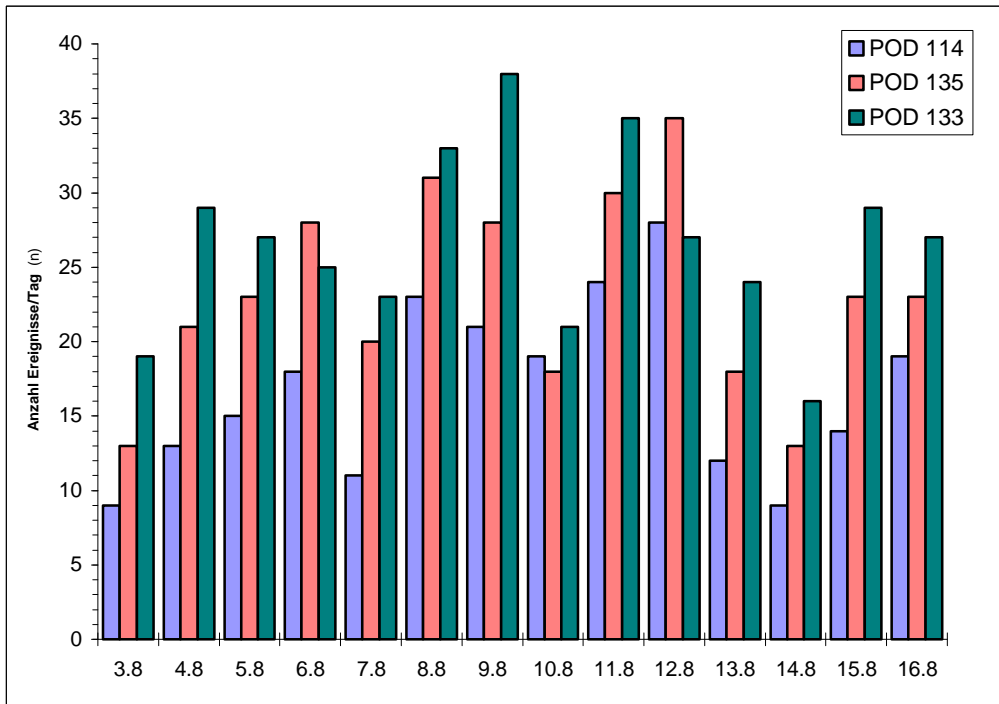


Abb. 20: Tägliche Anzahl von Klickereignissen zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

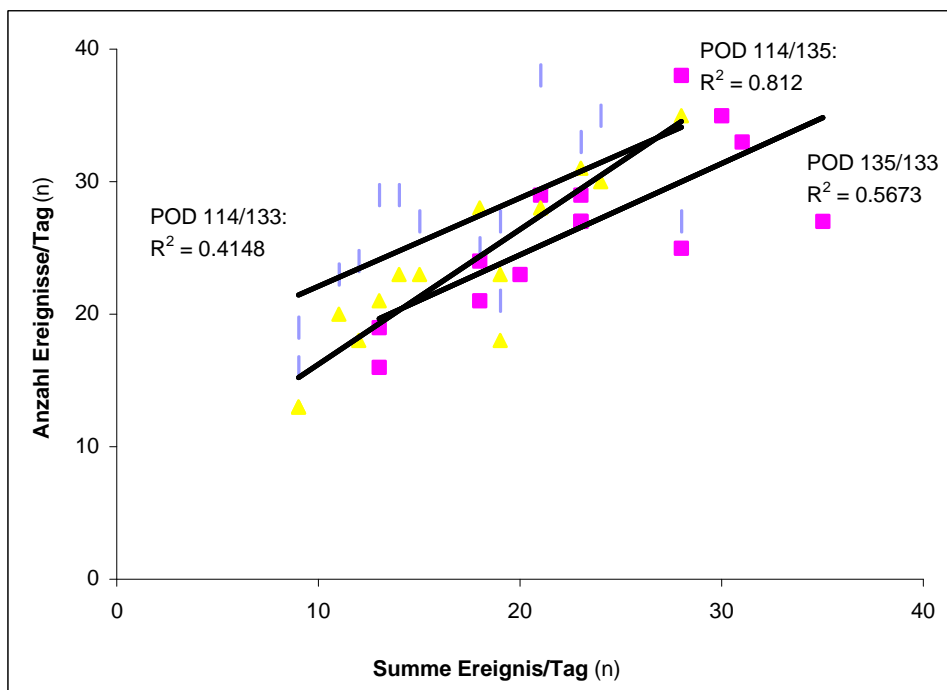


Abb. 21: Korrelation zwischen täglichen Anzahlen Ereignisse der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002.

Tägliche Wartezeit

Der Abstand zwischen zwei Ereignissen wird als Wartezeit beschrieben. Die Wartezeit korreliert mit den beiden Parametern Klickfrequenz und Anzahl der Ereignisminuten. Auch hier ist der 12. August bei allen drei PODs der Tag mit der geringsten Wartezeit, also der Tag mit der höchsten Schweinswalaktivität. Die Korrelation zwischen den verschiedenen PODs ist jedoch nicht sehr eng (Abb. 22), so dass dieser Wert nicht für die Kalibration der Geräte eingesetzt werden kann. Die Wartezeit zwischen zwei Ereignissen gilt als ein wichtiges Maß für die statistische Absicherung von Unterschieden zwischen Standorten oder Zeiträumen (s. TEILMANN et al. 2002)

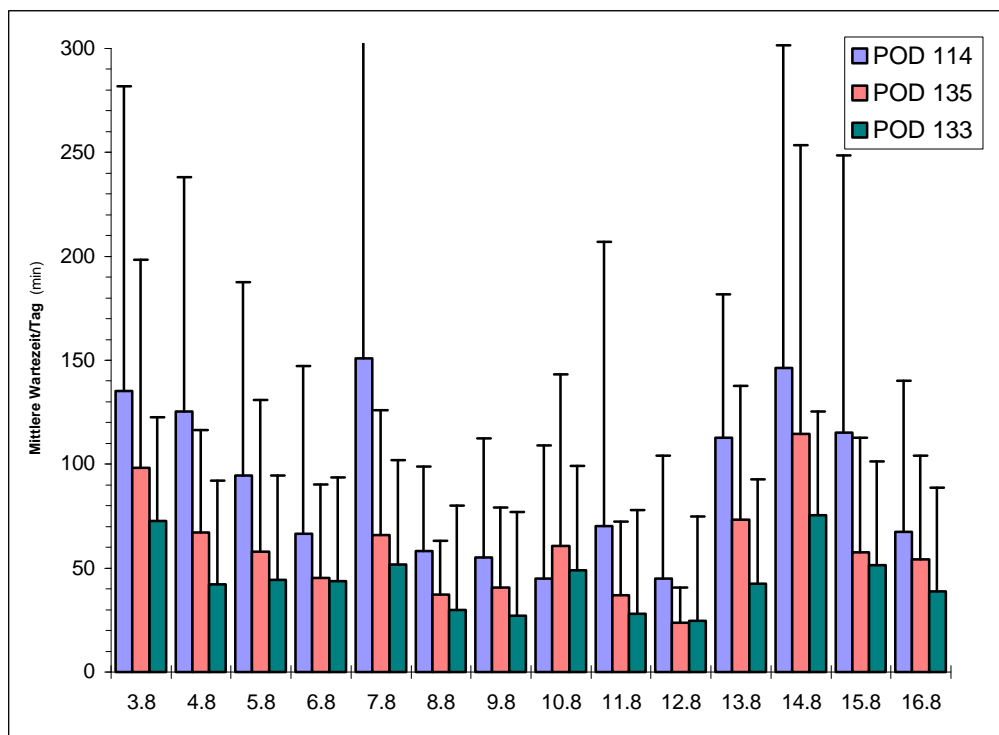


Abb. 22: Mittlere Wartezeit zwischen zwei Klickereignissen zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

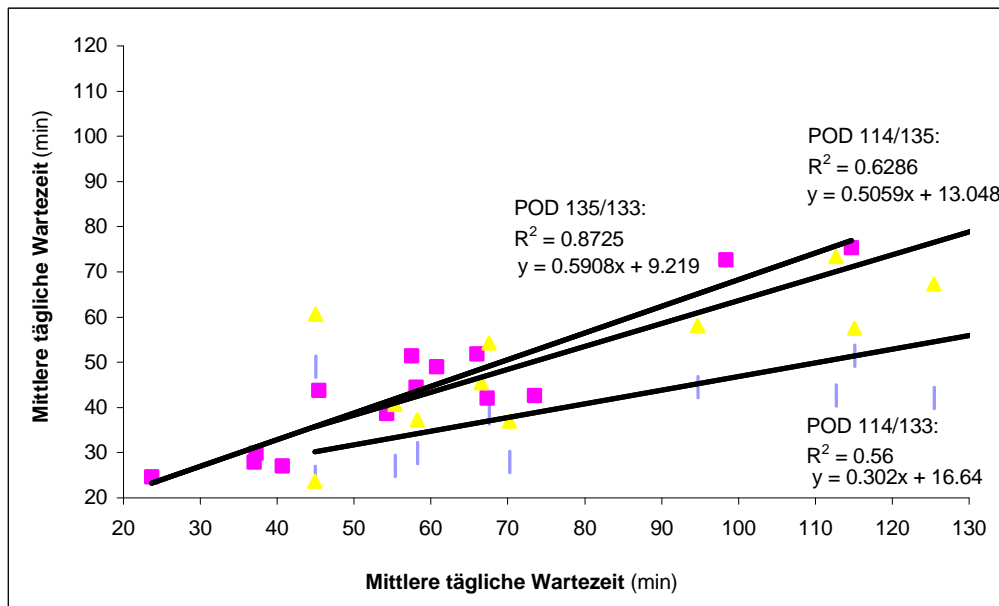


Abb. 23: Korrelation der mittleren täglichen Wartezeit der PODs 114, 133 und 135 zwischen dem 3. und 16. August 2002. Die Steigung wird als Korrekturwert benutzt.

Klickfrequenz im Tagesverlauf

Neben der mittleren täglichen Aktivitätsmessung, als Parameter für die Anwesenheit von Schweinswalen an einem Standort, kann die Auswertung der Daten über den Tagesverlauf Aufschluss über den Tagesrhythmus der Tiere liefern.

Dazu betrachten wir die Parameter Frequenz, Intensität und Wartezeit.

Die mittlere stündliche Klickfrequenz zeigt einen deutlichen Tagesverlauf mit hoher Frequenz in den späten Nachtstunden bis in den Morgen (4:00 – 9:00 Uhr, Abb. 24). Die Klickfrequenz geht im Tagesverlauf langsam zurück, ab 19:00 Uhr ist eine deutlich geringere Klickfrequenz festzustellen. Die stündlichen Klickfrequenzen der drei PODs korrelieren in gleichem Maße wie bei den auf Tage gemittelten Daten, so dass wir mit der Anwendung derselben Korrekturwerte eine nahezu deckungsgleiche Kurve auf Niveau des sensitivsten PODs 133 erhalten. Da jedoch nicht bekannt ist, wo sich ein Schweinswal befindet, den die PODs aufzeichnen (Wasser Oberfläche oder Meeresgrund) und auch die Klickfrequenz keine klaren Rückschlüsse auf die Aktivität zulässt (s.u.), kann mit dem Tagesverlauf der Klickfrequenz die Aktivität der Schweinswale noch nicht interpretiert werden. Der Tagesverlauf der Klickfrequenz im Schweinswalbecken von Kerteminde/DK folgte etwa einem entgegengesetzten Verlauf (TEILMANN et al. 2002).

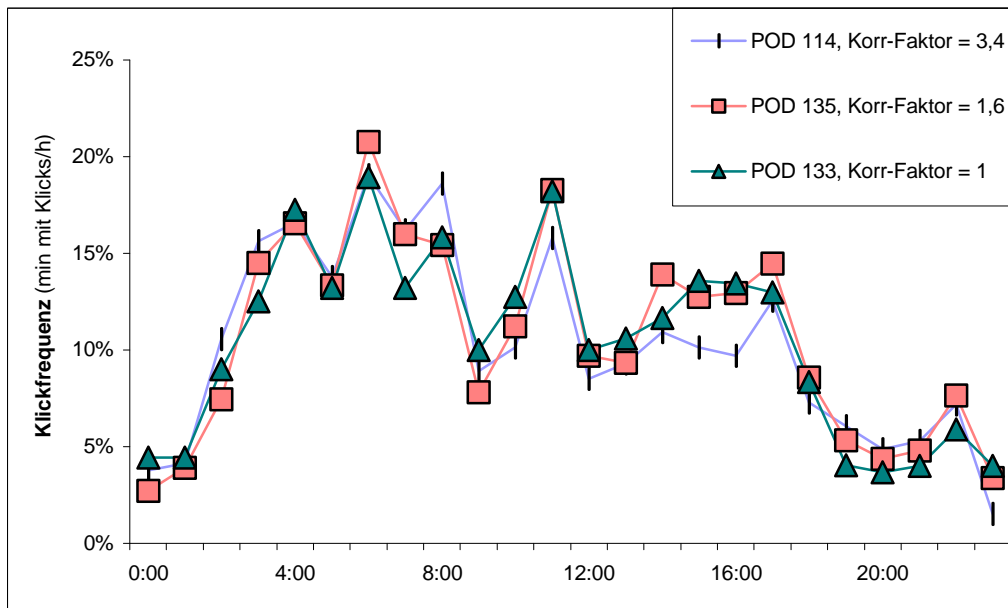


Abb. 24: Mittlere Klickfrequenz vom 3. bis 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135 (POD 133 = 1). Die Daten wurden entsprechend der Kalibrationsgleichung angepasst.

Klickintensität im Tagesverlauf

Die Klickintensität über 24 Stunden liegt bei allen drei PODs im Mittel zwischen 36,4 und 38,5 Klicks pro Minute. Das Maß Klickintensität korreliert am wenigsten mit den anderen Aktivitätsparametern und scheint für einen Vergleich zwischen PODs oder Standorten wenig geeignet zu sein.

Rückschlüsse auf Aktivitäten lassen sich derzeit noch nicht ziehen.

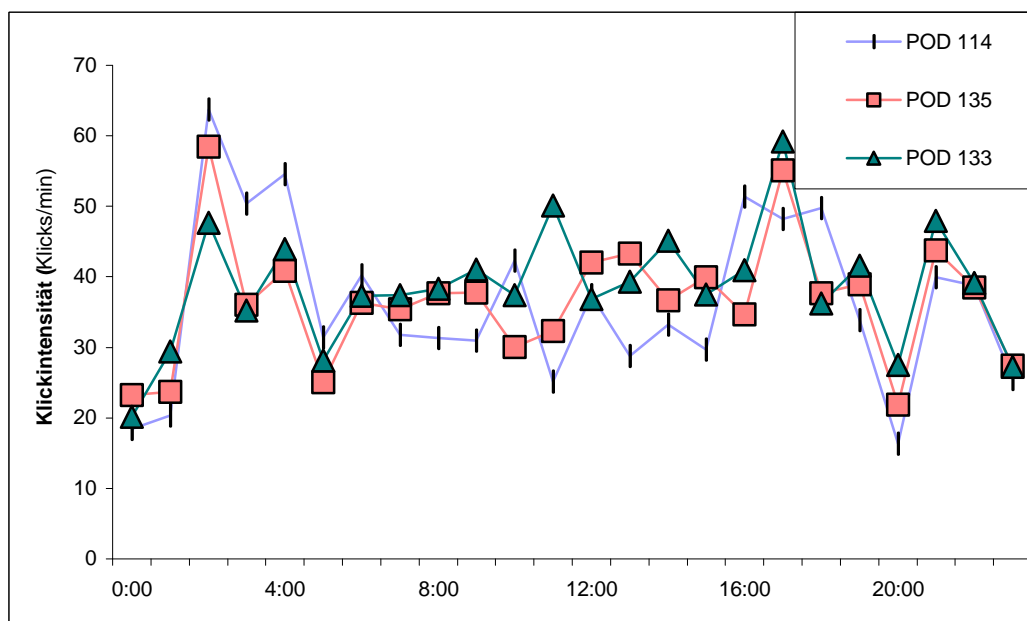


Abb. 25: Mittlere Klickintensität zwischen dem 3. und 16. August 2002 der PODs 114, 133, 135.

Wartezeit im Tagesverlauf

Die mittlere Wartezeit korrespondiert im Tagesverlauf mit der stündlichen Klickfrequenz und zeigt entsprechend eine gegenläufige Tagesphänologie mit den längsten Wartezeiten während der Nacht (Abb. 26, Abb. 27). Bei dem sensitivsten POD 133 lag die Wartezeit zwischen zwei Ereignissen in der Nacht bei etwa einer Stunde, am Tage dagegen nur bei einer halben Stunde.

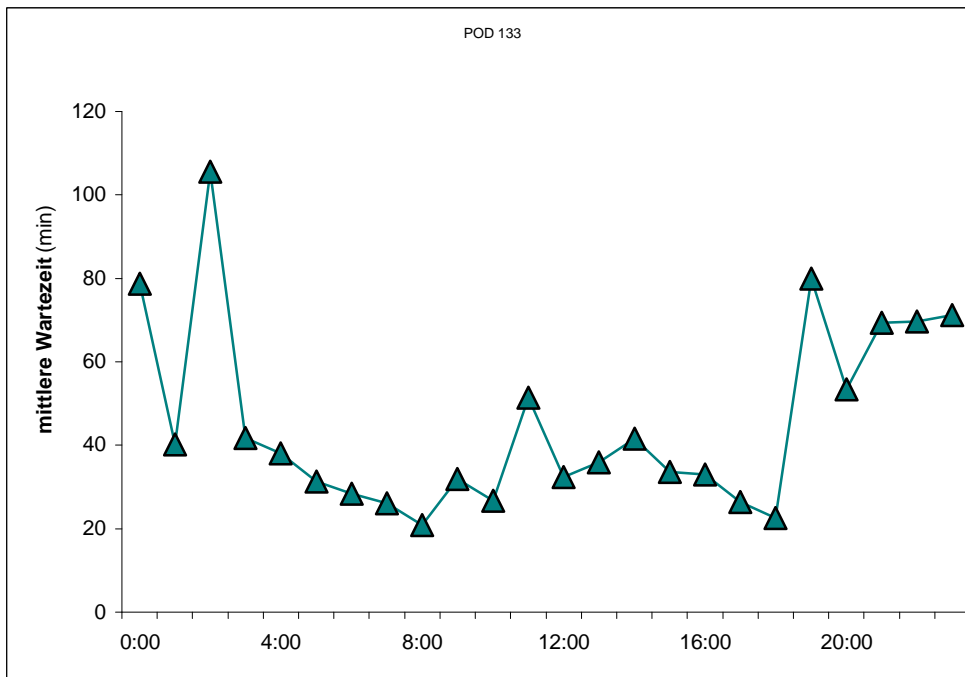


Abb. 26: Mittlere stündliche Wartezeit zwischen zwei Ereignissen zwischen dem 3. und 16. August 2002 des PODs 133.

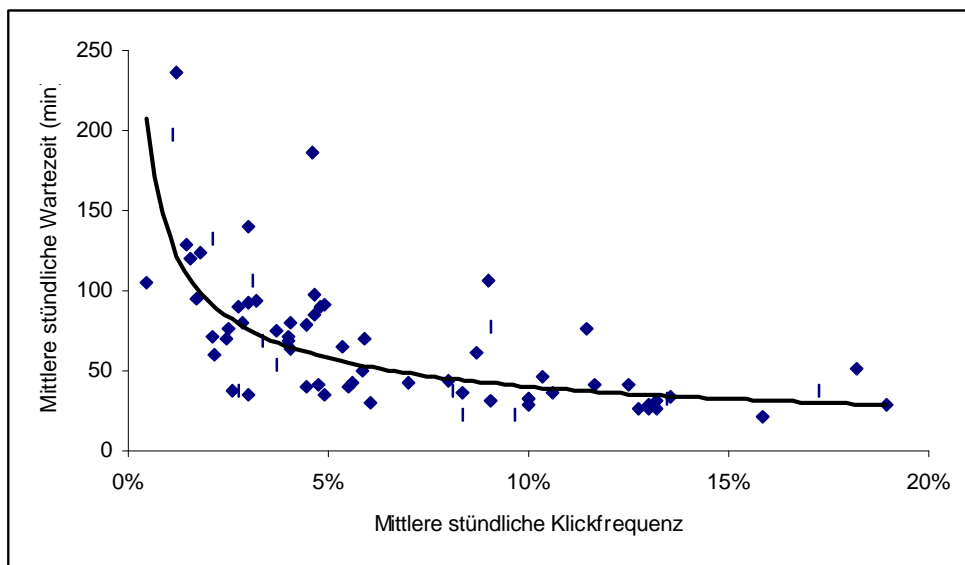


Abb. 27: Abhängigkeit von der mittleren stündlichen Wartezeit von mittlere stündliche Klickfrequenz der drei PODs 114, 135 und 135.

3.3 Test 3

17. August (PODs 114, 133, 135, 150, 151)

Am 17. August legten wir fünf PODs innerhalb eines Systems mit übereinstimmenden Settings für zehn Stunden mit einem Abstand von ca. 8 m bei der Station 1 aus. Auch in diesem Test bestätigte sich, dass die Geräte in der zeitlichen und qualitativen Aufzeichnung von hochfrequenten Geräuschen einander sehr ähnlich sind. Allerdings zeigten die einzelnen PODs auch wieder unterschiedliche Sensitivitäten gegenüber den Schweinswalklicks.

Klickfrequenz

Wie im vorausgegangenen Test zeigt sich bezüglich der (stündlichen) Klickfrequenz zwischen den PODs eine hohe Korrelation (70 – 90 %, Abb. 28). POD 133 hat wiederum die höchste Aufzeichnungsrate von Klicks, so dass wir diesen POD als Basis zur Kalibration einsetzten.

Tab. 4 listet die Geradensteigung der Korrelation zwischen den jeweiligen PODs zu POD 133 als Korrekturwert der jeweiligen PODs über die Testdauer von 10,5 Stunden auf. Wir verwendeten diesen Korrekturwert für den Vergleich der Klickfrequenz an unterschiedlichen Standorten. Die Kalibration der PODs über einen Zeitraum von nur 10,5 Stunden erwies sich dabei als nicht ausreichend. Der kurze Zeitraum ergab sich dabei zum einen aus der zur Verfügung stehenden Schiffzeit und dem Umstand, dass wir nicht das Risiko eingehen wollten, sämtliche verfügbaren PODs für einen längeren Zeitraum an einem Ort zu belassen, da dies – wenn Geräte entwendet würden - zum Totalverlust geführt hätte. Soweit möglich, wurden daher mit die Korrekturwerte aus Test 2 weiter verwendet.

Tab. 4: Mittlere Klickfrequenz von fünf nebeneinanderliegenden PODs und die Abweichung vom sensitivsten POD 133.

	POD 133	POD 151	POD 150	POD 135	POD 114
mittlere Klickfrequenz	5,3 %	4,1 %	2,9 %	2,7 %	1,7 %
POD 133 = 100%	100	77.1	54.3	51.4	31.4
Korrekturfaktor Test 3	1	1	1,2	1,4	2,1
Korrekturfaktor Test 2	1			1,6	3,4

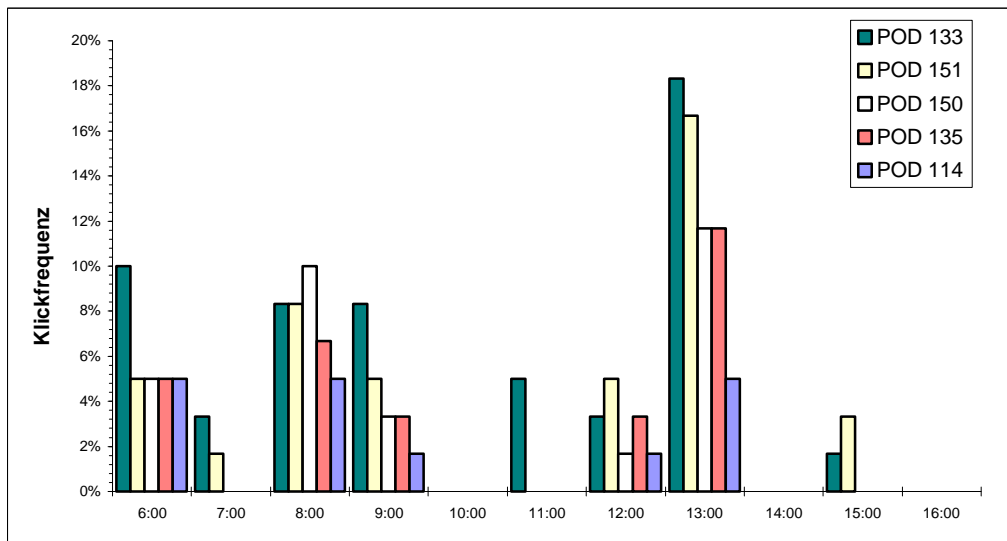


Abb. 28: Mittlere stündliche Klickfrequenz am 17. August 2002 der PODs 114, 133, 135, 150, 151.

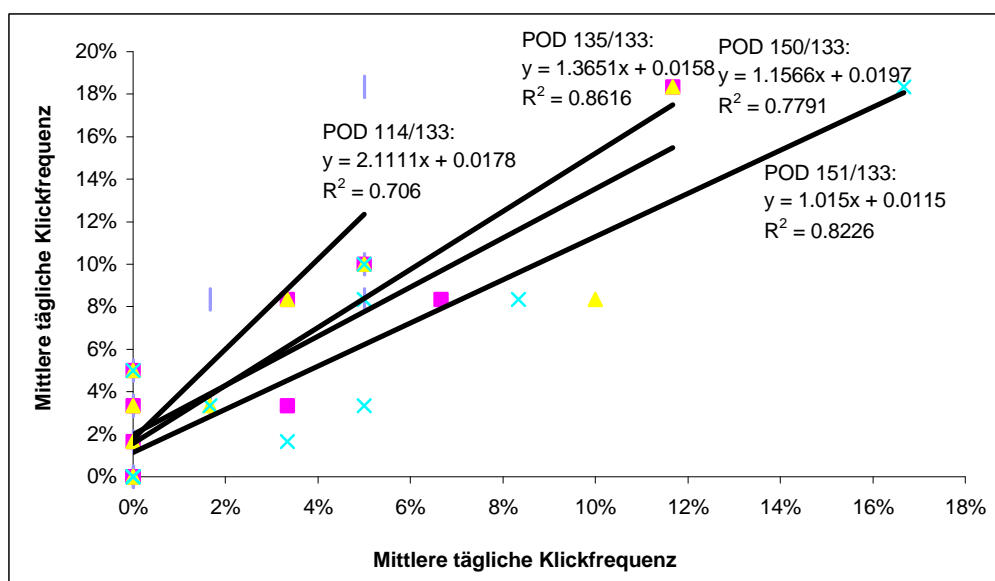


Abb. 29: Korrelation zwischen mittlerer stündlicher Klickfrequenz zwischen den PODs 114, 135, 150 und 151 zu POD 133 am 17. August 2002. Die Steigung wird als Korrekturwert benutzt.

3.4 Zusammenfassung der Tests

1. Alle fünf von uns eingesetzten PODs liefern reproduzierbare Daten, die in den wesentlichen Parametern eng korreliert sind. Der Vergleich mit Geräten, die unter kontrollierten Bedingungen eingesetzt wurden bestätigt, dass die gewonnenen Daten auch Schweinswalklicks sind.
2. Die Geräte haben sehr unterschiedliche Sensitivitäten bezüglich der Detektion von Schweinswalklicks. Sie müssen daher gegeneinander abgeglichen werden.
3. Für eine Eichung der Geräte unter den Bedingungen des Standortes Butendiek wird eine mehrtägige Datenreihe benötigt.
4. Der Anteil an Minuten mit Klicks an der Gesamtzeit der Aufzeichnung (Klickfrequenz) erscheint als ein geeigneter Parameter für Schweinswalaktivität. Er zeigt sowohl eine ausgeprägte jahreszeitliche Phänologie der Tagesmittelwerte als auch einen Tagesverlauf der Stundenmittelwerte. Die Klickfrequenz korreliert mit den anderen aussagefähigen Parametern ‚Summe von Ereignisminuten‘ und ‚Wartezeit‘ und ihre Phänologien stimmen überein. Die Klickfrequenz kann daher für die Kalibration der Geräte verwendet werden.
5. Einziger nicht mit den anderen Aktivitätsindikatoren korrelierende Parameter ist die Klickintensität, die gemittelt über 13 Tage wie auch auf 24 Stunden bei 38 Klicks pro Minute liegt.
6. Als Basis zum Vergleich verschiedener PODs bei der Auswertung der Klickfrequenz dient POD 133 als sensitivstes Gerät.

3.5 Ausbringung der PODs an unterschiedlichen Stationen

Zum Vergleich unterschiedlicher Bereiche wurden die PODs am 6. Juli auf zwei unterschiedliche Standorte, die etwa 10 km weit auseinander lagen verteilt. Am Standort 1 wurden die PODs 114 und 135 zunächst in 20 m Entfernung, ab 24. August in etwa 200 m Entfernung voneinander ausgelegt, am Standort 2 wurden die PODs 150 und 151 etwa 20 m entfernt voneinander ausgelegt, da die Geräte noch über einen längeren Zeitraum verglichen werden sollten.

Tägliche Klickfrequenz:

Zwischen dem 6. Juli und dem 18. Oktober zeichneten PODs insgesamt 5.528 Stunden im Seegebiet westlich Sylt auf. Abb. 30 zeigt die tägliche Klickfrequenz der drei PODs, die länger als 7 Tage aufzeichneten. POD 114 zeichnete im Mittel über den gesamten Erfassungszeitraum von 101 Tagen eine tägliche Klickfrequenz von 7,9 % auf und entspricht damit der mittleren täglichen Frequenz von POD 135, der in 78 Tagen an der gleichen Stelle einen Wert von 8 % erreichte.

POD 150 südwestlich des Planungsgebietes zeichnete eine mittlere tägliche Frequenz von 3,8 % auf und lag damit deutlich unter den Werten der anderen beiden PODs. Hier zeigt sich jedoch das Problem, dass die Kalibration dieses PODs nur über 10,5 Stunden erfolgte. Der Vergleich der Klickfrequenzen von POD 150 und 151 im längeren Einsatz zwischen 17. und 24. August als beide wenige Meter voneinander entfernt ausgebracht waren, zeigt, dass zwischen beiden PODs eine 95 %ige Korrelation besteht, aber POD 150 deutlich weniger Daten aufzeichnete als in dem Test am 17.8. und ihr Unterschied anhand der Steigung der Regressionsgeraden den Faktor 1,6 erreicht. POD 151, der nach dem 24.8. verloren ging, zeichnete am 19. und 20. 8. Klickfrequenzen von mehr als 20% auf und lag damit in gleicher Höhe wie an der Station 1. Die Höhe der Klickfrequenzen von beiden Stationen lassen sich daher nur begrenzt miteinander vergleichen. Auffällig ist jedoch, dass die Daten auf deutlich unterschiedliche Anwesenheitsmuster von Schweinswalen an beiden Stationen hinweisen. Tage mit hoher Klickfrequenz an einer Station korrespondieren nicht mit Tagen hoher Klickfrequenz an der anderen (Abb. 31).

An beiden Stationen wird bei Betrachtung längerer Datenreihen deutlich, dass sich Perioden von einigen Tagen mit hoher Klickfrequenz von Perioden mit relativ niedriger Klickfrequenz abwechseln. Beim POD 114, der am längsten eingesetzt werden konnte, sind 6 Perioden deutlich unterscheidbar, in denen die tägliche Klickfrequenz 15 % überschreitet, während sie in den dazwischen liegenden Zeiträumen unter 10%, teilweise unter 5% liegt. Bei allen drei Geräten, mit denen längere Datenreihen gewonnen werden konnten, ist deutlich, dass es sich nie um einzelne Tage mit höherer Klickfrequenz handelt, sondern stets um einen Zeitraum von wenigstens 3 bis 5 Tagen, an denen die Klickfrequenz deutlich erhöht war. Die Unterschiede in der täglichen Klickfrequenz, die vermutlich den Anwesenheitsmustern von Schweinswalen in den

jeweiligen Bereichen entsprechen, geben erste Anhaltspunkte über die Dynamik der Verteilung von Schweinswalen in der Nordsee.

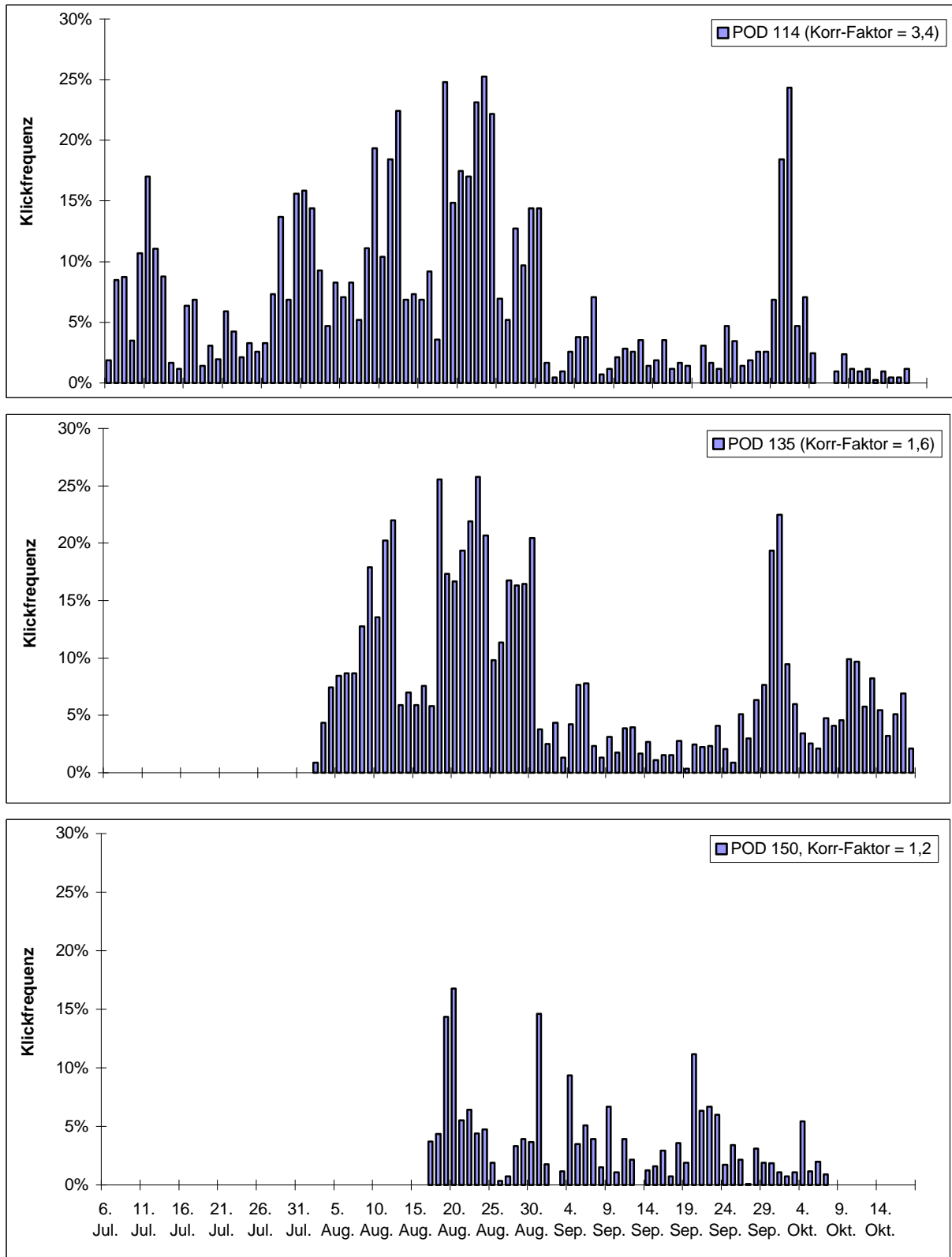


Abb. 30: Tägliche Klickfrequenzen der PODs 114, 135 und 150.

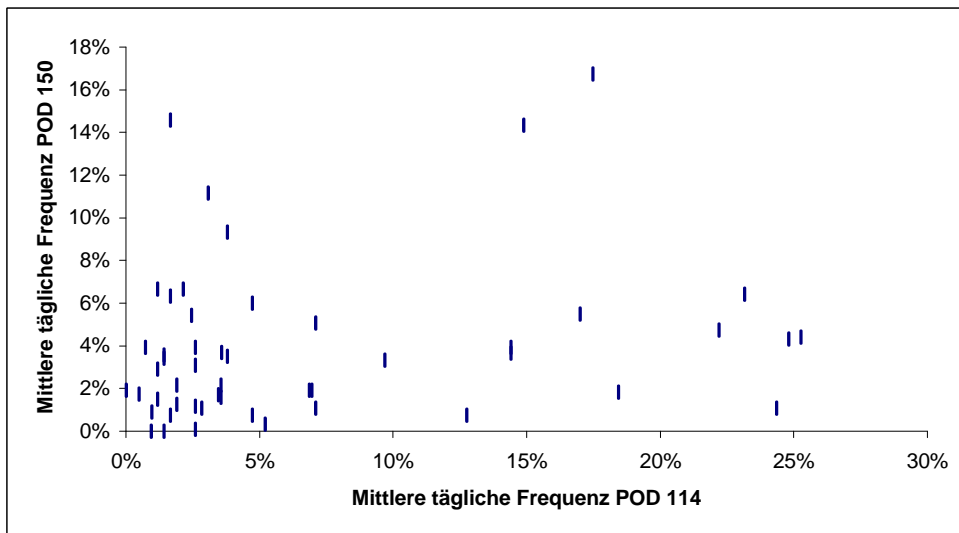


Abb. 31: Gegenüberstellung der täglichen Klickfrequenzen von POD 150 und POD 114 vom 17.8. bis 7.9.

Der Vergleich der täglichen Klickfrequenzen von den PODs 114 und 135, die ab dem 24.8. etwa 200 m voneinander entfernt ausgebracht waren zeigt im Gegensatz zu dem 10 km entfernten POD 150 eine relativ gute Übereinstimmung in den Aufzeichnungen, auch wenn diese nicht mehr so eng ist, als wenn die Geräte dicht nebeneinander liegen. Generell korrespondieren Tage, bzw. Perioden mit hohen oder niedrigen Klickfrequenzen zwischen den beiden Geräten sehr deutlich.

Der POD 133 lag vom 22. bis 24. August für 33 Stunden im Planungsgebiet. Die Klickfrequenz lag in dieser Zeit (ohne Berücksichtigung unvollständiger Tagesgänge) bei 17,4%, was sich gut in die Werte der anderen Stationen einfügt.

Der Tagesgang der aufgezeichneten Schweinswalklicks blieb im Untersuchungszeitraum nicht konstant. Im August zeigen die Aufzeichnungen der drei länger eingesetzten Geräte einen etwa ähnlichen Verlauf, mit hohen Klickfrequenzen am frühen Morgen und am Tage, sowie niedrigen in der Nacht. Im September waren die Unterschiede im Tagesverlauf bei gleichzeitig niedrigerer Klickfrequenz erheblich geringer ausgeprägt, auch wenn bei POD 150 an der Station 2 auch im September noch ein Tagesgang erkennbar ist. Eine Interpretation der Tagesgänge und der Veränderung derselben ist aus oben genannten Gründen schwierig. Interessante Beobachtungen gelangen dazu im Planungsgebiet vom 23. bis 24. August. Während 33 Stunden zeichnete POD 133 eine ausgeprägte Tagesperiodik auf mit einer maximalen Frequenz von 60 % um 5:00 Uhr. Zwischen 11:00 Uhr und 19:00 Uhr war die Frequenz konstant gering bei 10 %. In dieser Zeit (14:25 bis 17:44 Uhr) konnten bei paralleler Sichtbeobachtung vom direkt neben dem POD ankernden Schiff insgesamt 25 Schweinswale gesichtet werden. Dagegen wurde zwischen 7:12 Uhr und 14:25 Uhr nur 4 Schweinswale gesehen.

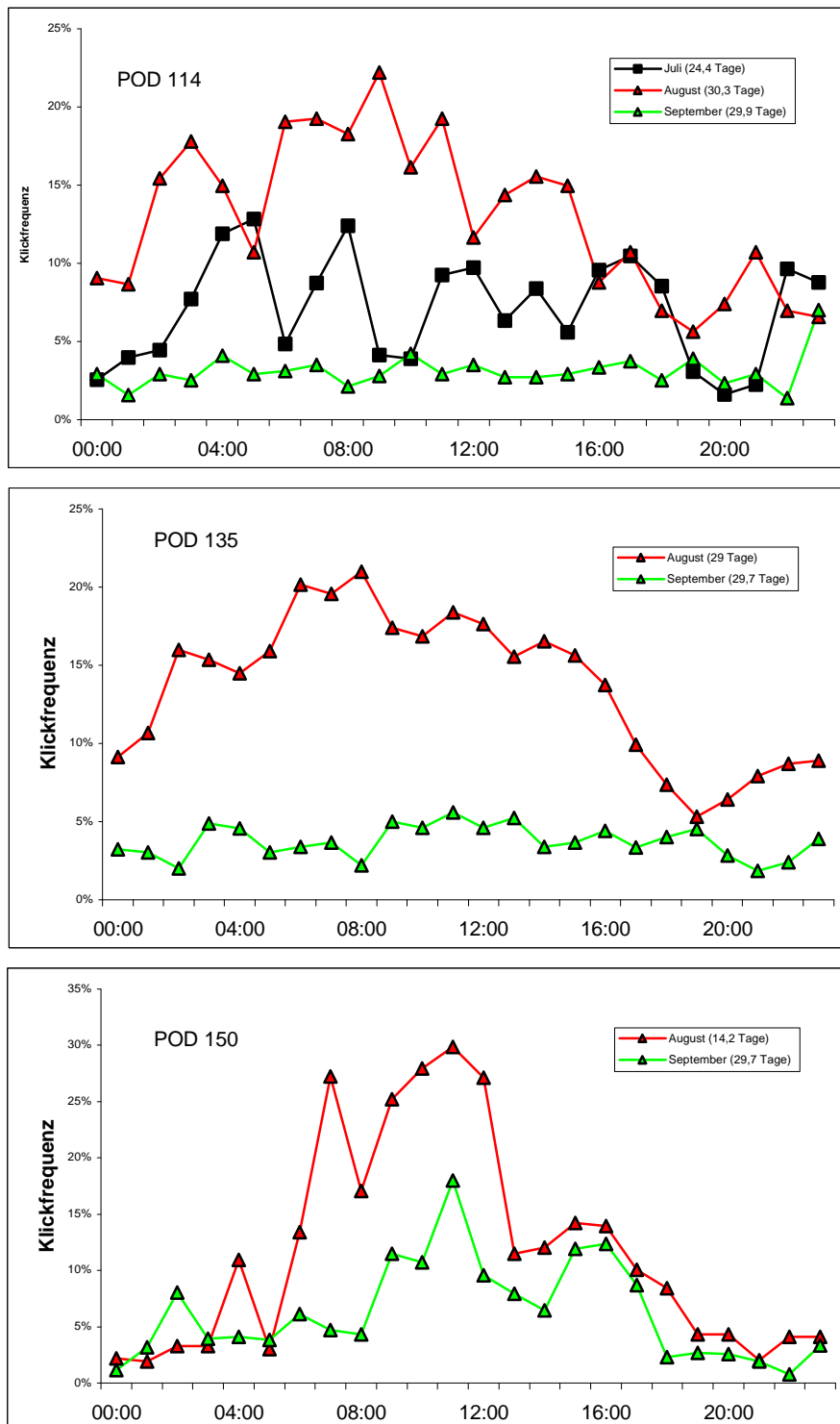


Abb. 33: Korrigierte mittlere stündliche Klickfrequenzen für die Monate Juli, August und September 2002 für die PODs 114 und 135 (Station 1) und POD 150 (Station 2).

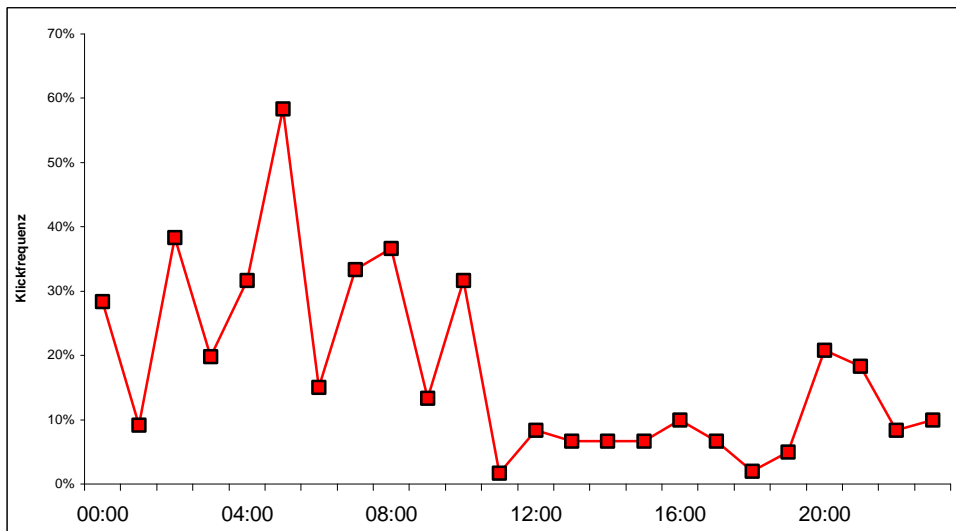


Abb. 34: Mittlere stündliche Klickfrequenz zwischen 23. und 25. August 2002 im Planungsgebiet, POD 133.

4. Diskussion

Die Ergebnisse des ersten Einsatzes von Klickdetektoren zur Erfassung von Schweinswalen in der Nordsee westlich von Sylt ergaben durchaus positiv zu bewertende Ergebnisse. Die Geräte zeichneten sehr großen Mengen von Signalen auf, die als Orientierungslaute von Schweinswalen identifiziert wurden. Dazu ist anzumerken, dass diese Identifizierung allein durch die zugehörige Software erfolgte, die etwa 5% der aufgezeichneten Signale sicher als Klicklaute kennzeichnete. Schweinswale stoßen in jeder Klickabfolge pro Sekunde bis zu 150 Laute aus, so dass eine sehr große Menge von Lauten aufgefangen werden kann, wenn sich ein oder mehrere Wale für einen Zeitraum von 10 oder 20 Minuten im Bereich eines PODs aufhalten. Schweinswale stoßen die Klicklaute deutlich gerichtet, mit einem Öffnungswinkel von $16,5^\circ$ aus (AU et al. 1999). Es ist somit naheliegend, dass nicht alle Signale in der geforderten Qualität aufgefangen werden können, um sie sicher zuordnen zu können. Umgekehrt ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch Störgeräusche in den entsprechenden Frequenzen auftreten und aufgezeichnet werden. Der Vergleich unserer (neueren) PODs mit anderen (älteren) Geräten, wie sie im Schweinswalbecken von Kerterminde/DK (TEILMANN et al. 2002) und unter besonders günstigen Bedingungen in Kanada (KOSCHINSKI & CULIK 2001) eingesetzt wurden, zeigte jedoch eine gute Übereinstimmung, so dass wir davon ausgehen, dass die von uns eingesetzten Geräte auch verlässlich Schweinswallelaute aufgezeichnet und richtig interpretiert haben.

Der Vergleich der Geräte zeigte, dass diese sehr unterschiedlich viele Klicklaute aufzeichnen, wobei die Unterschiede zwischen den Geräten sehr konstant waren. Der statistische Vergleich zeigte, dass eine einfache lineare Regression 92% der Unterschiede erklären kann. Dies zeigt, dass die unterschiedlichen Datenaufzeichnungen wesentlich durch individuelle Eigenheiten der Geräte erklärt werden können. Dies erlaubt, die Geräte einfach zu kalibrieren, so dass dann die Daten von unterschiedlichen Standorten miteinander verglichen werden können. Wir haben in den ersten Tests einen einfachen Abgleich vorgenommen, in dem wir die Geräte nebeneinander ausgebracht haben und annahmen, dass die Geräte etwa gleichen Beschallungen durch Schweinswalklicks ausgesetzt würden. Der Test vor Ort hat den Vorteil, dass der Abgleich unter Originalbedingungen und mit Schweinswalklicks erfolgt. Der Nachteil bei der Erstellung einer einfachen Kalibrationsgleichung ist jedoch, dass dieser Prozess nur solange wiederholt werden kann, wie die gleichen Geräte zur Verfügung stehen. Aufgrund der teilweise hohen Verlustrate der Geräte, aber auch möglichen Defekten und Alterungserscheinungen, ist nicht gewährleistet, dass immer ein ‚Eichgerät‘ zur Verfügung steht, gegen das die anderen abgeglichen werden können. Für einen längerfristigen Einsatz von PODs erscheint daher ein standardisiertes Kalibrationsverfahren im Labor, was jederzeit wiederholt werden kann, als wichtig; für Vergleiche mit weiteren Studien, wie sie im Zuge beantragter Windparkprojekte und

öffentlicher Forschungsprojekte durchgeführt werden, wäre dies zwingend notwendig. Die Daten der Untersuchungen von Horns Rev/DK mit denen im Planungsgebiet Butendiek lassen sich nicht vergleichen, weil sie mit unterschiedlichen Geräten durchgeführt wurden. In Anbetracht der wachsenden Anzahl von Studien mit PODs in der Nordsee würde ein einheitliches Kalibrationsverfahren den Wert der Daten erheblich steigern. TEILMANN et al. (2002) haben ihre Geräte mit einer Schallquelle im Labor miteinander verglichen. Den dänischen Untersuchungen fehlt jedoch noch ein Abgleich im Freiland, wie wir ihn durchgeführt haben. Wir halten dies für äußerst wichtig, um mögliche Artefakte aus dem Labortest zu vermeiden.

Ein Nachteil der Erfassung von Schweinswalen mit den PODs als Grundlage für ein Effektmonitoring ist, dass bislang kaum Erfahrungen mit diesen Geräten vorliegen. Die Reichweite, in der ein Gerät Schweinswallaute aufzeichnen kann, ist derzeit nicht bekannt, wie auch unbekannt ist, in welchem Maße tageszeitliche oder saisonale Unterschiede in der Aktivität die Aufzeichnungen beeinflussen. Erstaunlicherweise kann im Moment noch nicht einmal beurteilt werden, ob der Tagesverlauf der Klickfrequenz dem Aktivitätsverlauf entspricht oder ihm entgegengesetzt ist, da nicht klar ist, wo sich ein Schweinswal befindet, dessen Laute von einem POD aufgefangen werden.

Die Daten aus dem Untersuchungsgebiet zeigen, dass sich Perioden mit relativ hohen Aufzeichnungen von einigen Tagen meist mit Perioden mit relativ niedrigen Aufzeichnungen abwechseln. Dies kann bedeuten, dass ein oder mehrere Schweinswale sich für einige Tage im näheren Bereich eines POD aufgehalten haben und dann ihren Aufenthaltsbereich verlagerten. Nach eigenen Untersuchungen (GRÜNKORN et al. 2002) halten sich Schweinswale in der Nordsee verstreut und auf und die Gruppengröße liegt nach Flugzeugs- und Schiffszählungen bei 1,1 bzw. 1,5 Tieren. Dies könnte bedeuten, dass sich über mehrere Tage hinweg unter Umständen nur wenige Tiere von einem POD aufgezeichnet werden. Alternativ wäre zu vermuten, dass der Bereich um einen POD eine Zeitlang besonders attraktiv ist, da sich hier Fische konzentrieren oder andere Gründe vorliegen, die eine lokale Konzentration von Schweinswalen bewirken.

Gegen die Annahme, dass nur wenige stationäre Tiere aufgezeichnet werden spricht die Mobilität der Schweinswale. TEILMANN (2001) untersuchte das Wander- und Tauchverhalten von Schweinswalen in der westlichen Ostsee mit Hilfe von Fahrtenschreibern (TAD (Time-at-depth) -Recordern) und der Satellitentelemetrie. Insgesamt 17 Schweinswale wurden zwischen 14 und 255 Tagen während aller Monate verfolgt. Es zeigte sich allgemein ein hohes Maß individueller Variation, indem einzelne Tiere über Wochen in begrenzten Gebieten blieben, während andere über einen langen Zeitraum bis zu 95 km am Tag zurücklegten. Deutlich unterschiedliches Wanderverhalten einzelner Tiere zeigten auch READ & WESTGATE (1997) für den nord-westlichen Atlantik. Exemplarisch untersuchten LUCKE et al. (2000) das Verhalten eines Schweinswals während der Nachtstunden (19:00 bis 8:00 Uhr) am Meeresboden, wenn

das Tier nahezu ausschließlich mit Hilfe der Echolokation die Umwelt wahrnimmt. Die durchschnittliche Schwimmgeschwindigkeit betrug in diesem Zeitraum 1,2 m/s, so dass es sich um etwa 4,5 Kilometer in einer Stunde fortbewegt. Für den Bereich Horns Rev/DK konstatieren SKOV et al. (2002) einen Einfluss der Salinität auf die Verteilung von Schweinswalen, die sich entlang Fronten unterschiedlicher Wasserkörper konzentrieren sollen. Wir konnten anhand der bei den Flugzeugzählungen erhobenen Verteilungsmuster keine Konzentrationsbereich ermitteln, die diesem Bild entsprechen könnten. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die Verteilung auch im Bereich westlich von Sylt durch hydrologische Faktoren beeinflusst wird und diese die auf- und absteigenden Klickfrequenzen mit bewirken.

Die mit den PODs erhobenen Daten im Bereich des Planungsgebietes von Butendiek übersteigen die mit anderen Methoden erzielte Datenmenge. Die den Daten zugrundeliegende Kontaktrate liegt bei 10 bis 40 Ereignissen pro Tag, d.h. im Mittel werden je POD 10 bis 40 mal pro Tag einer oder mehrere Schweinswale erfasst. Leider können diese Daten bislang nicht in Schweinswalzahlen umgerechnet werden. Dies ist nicht generell unmöglich und von anderen Arten liegen bereits erste Erfahrungen dazu vor (PARIJS et al. 2002). Bei Schweinswalen ist es bislang nicht gelungen, die Aufzeichnungen der PODs mit Sichtbeobachtungen zur Deckung zu bringen. Die notwendigen Beobachtungen sind bei den schwierigen Bedingungen auf der Nordsee auch kaum zu gewinnen.

5. Bewertung und Vorschläge für das Begleitmonitoring

Ziel des Einsatzes der Klickdetektoren ist es festzustellen, ob Bau und Betrieb eines Offshore-Windparks dazu führen, dass die Schweinswale das betroffene Seegebiet meiden oder es in größerer Zahl nutzen. Die Schwierigkeit besteht darin, möglicherweise moderate Einflüsse vor dem Hintergrund natürlicher Schwankungen in Bestand, Verbreitung und Aktivität zu ermitteln und statistisch abzusichern. Der vorliegende Zwischenbericht gibt eine erste Beschreibung über die Art und den Umfang der Daten, die sich mit den PODs im Bereich des Planungsgebietes Butendiek erheben lassen. Auch wenn der Einsatz von Klickdetektoren derzeit noch mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden ist, erscheint die Methode als grundsätzlich geeignet, um mögliche Effekte von Bau und Betrieb des beantragten Windparks feststellen zu können.

Der Einfluss von Bau und Betrieb der WEA auf die Anwesenheit von Schweinswalen kann über zwei Untersuchungsansätze ermittelt werden: 1. den relativen Unterschied zwischen dem Eingriff und einem oder mehreren Referenzgebieten vor und nach der Baumaßnahme (BACI-Ansatz , **B**efore, **A**fter, **C**ontrol, **I**mpact, s. TEILMANN et al. 2002) oder 2. über den direkten Unterschied nebeneinander liegender Stationen in Abhängigkeit zur Entfernung zum Windpark.

1. TEILMANN et al. (2002) empfehlen den BACI-Ansatz und kommen auf der Grundlage von Vergleichsmessungen zweier Gebiete mit je zwei PODs bei Horns Rev zu dem Schluss, dass sich eine Bestandsveränderung ab 20% mit den so gewonnenen Daten statistisch absichern lässt (SKOV et al. 2002). Die dänischen Studien empfehlen eine Entfernung von etwa 10 km zwischen Eingriffs- und Referenzgebieten. Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass bei dieser Entfernung etwa vergleichbar hohe Klickfrequenzen, aber deutlich unterschiedlichen täglichen Anwesenheitsmuster auftreten, so dass die Stationen in ihrer Frequentierung durch Schweinswale als ähnlich, aber als unabhängig voneinander eingestuft werden können. Voraussetzung für den BACI-Ansatz ist, dass sich Referenzgebiet und Eingriffsgebiet nur durch die mit Bau und Betrieb des Windparks verbundenen Eingriffe unterscheiden und dass alle natürlichen Veränderungen in beiden Gebieten gleich wirken. Dies ist eine sehr schwer zu erfüllende Bedingung. Mit den zur Verfügung stehenden Methoden lässt sich zudem nicht beurteilen, ob diese Bedingung erfüllt wird oder ob Veränderungen der hydrologischen Bedingungen oder des Nahrungsangebots auf Eingriffs- und Referenzgebiet unterschiedlich wirken. Unklar ist auch, welchen Einfluss mögliche Verhaltensänderungen, etwa ein Wechsel in der Nahrungswahl von benthischen auf pelagische Fischarten, auf die Bestandserfassung mit den PODs hätten. Es ist zudem eine zwingende Voraussetzung für den BACI-Ansatz, der eine mehrjährige Datenreihe erfordert, dass für die Voruntersuchungen und das eigentliche Effektmonitoring ein vergleichbarer Gerätestandard zur Verfügung steht. Dies hängt wesentlich von den Möglichkeiten zur Eichung der Geräte ab, denn die individuellen Unterschiede der Geräte sind erheblich und ein Austausch von Geräten im Laufe der Studie ist unvermeidlich.

2. Zum Zweiten besteht die Möglichkeit, einen möglichen Einfluss des Windparks durch den direkten Vergleich von Geräten zu ermitteln, die im Windpark und in zunehmender Entfernung, in beispielsweise 500 bis 1000 m Abstand zu diesem ausgebracht werden. Mit einer Kette von 5 PODs ließe sich so eine Meidung oder Bevorzugung des direkten Bereichs um den Windpark erkennen. Diese Methode wäre vor allem geeignet, wenn eine kleinräumige Reaktion zu erwarten wäre. Sie wäre unzureichend, wenn der Einfluss des Windparks über den Untersuchungsbereich hinausgeht. Der Vorteil dieser Methode wäre, eine ausreichende Häufigkeit der Schweinswale vorausgesetzt, dass die Geräte gegeneinander abgeglichen werden können und schon in kurzen Zeiträumen von wenigen Wochen aussagekräftige Daten erhoben werden können. Die Stationen für derartige Messungen müssen zudem nicht fest fixiert sein, sondern können gewechselt werden, so dass auch unterschiedliche Bereiche eines Windparks abgedeckt werden können. Untersuchungen zur Wirkung des durch Offshore-Windkraftanlagen verursachten Lärms auf Schweinswale (HENRIKSEN 2001, KOSCHINSKI & CULIK 2001), bzw. Messungen der von den Windkraftanlagen

ausgehenden Lärmemissionen (ØDEGAARD & DANNESKIOLD-SAMSØE 2000), lassen dabei eher kleinräumige Reaktionen erwarten.

Auf der Grundlage der vorliegenden Erfahrungen lassen sich beide Ansätze als grundsätzlich durchführbar einstufen, auch wenn die für den BACI-Ansatz benötigten Kalibrationsmöglichkeiten derzeit noch ungeklärt sind. Angesichts der bestehenden Unsicherheiten und fehlenden Grundlagen wird jedoch empfohlen, bei dem Effektmonitoring für Offshore-Windparks den Einsatz von PODs nur als einen von mehreren Ansätzen zu verstehen. Im Sinne größtmöglicher Effektivität empfehlen wir weiterhin, die Untersuchungen auf die Zeiträume mit den größten Schweinswalvorkommen, im Bereich Butendiek wären dies die Sommermonate, zu konzentrieren. Ein ganzjähriges Monitoring ist wissenschaftlich zweifellos von Interesse, für die Bewertung der mit einem Windpark verbundenen Eingriffe ist es jedoch nicht notwendig in Zeiten zu arbeiten, in denen aufgrund der geringen Präsenz von Schweinswalen nur wenige Daten erhoben werden können.

Abschließend ist anzumerken, dass ein statischer Untersuchungsansatz, der eine Festlegung des Untersuchungsprogramms über mehrere Jahre im voraus erfordert, mit erheblichen Risiken behaftet ist. Dies gilt um so mehr, wenn grundlegende Daten fehlen, wie die Reichweite der eingesetzten Geräte und das Verhalten der untersuchten Tiere. Es sollte daher geprüft werden, ob ein flexibler Ansatz, indem die PODs entlang eines Transektes oder aber an wechselnden Vergleichsflächen ausgebracht werden, nicht der geeignetere Ansatz ist. Zumindest für den von uns betrachteten Planungsraum Butendiek lässt die mit den PODs erzielbare Datenmenge den Schluss zu, dass bereits der Einsatz über wenige Wochen genügt, um relative Unterschiede zwischen zwei Stationen abzusichern. Dies würde es ermöglichen, im Laufe einer Saison mehrere Stationen oder Transekte innerhalb und außerhalb des Windparks zu untersuchen und damit über mehrere unabhängige Vergleiche zu prüfen, ob die Windparkfläche gemieden oder bevorzugt wird. Eine Kombination beider Methoden und erscheint uns bei dem derzeitigen Wissensstand als sinnvollste Lösung. Für den BACI-Ansatz ist ein standardisiertes Kalibrationsverfahren Voraussetzung, was mit dem zweiten, flexibleren Verfahren durch einen einfacheren Abgleich der Geräte vor Ort umgangen werden kann. Es wird also auch von der weiteren Entwicklung dieser neuen Methode abhängen, welcher Ansatz am effektivsten durchführbar ist.

Die Erfahrungen aus den ersten Monaten der Untersuchung machen deutlich, dass der Einsatz von PODs ein großes Potenzial für die Untersuchung von Schweinswalen bietet, jedoch auch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist. Wir halten es vor diesem Hintergrund daher für äußerst wichtig, dass die verschiedenen Begleituntersuchungen zu Windparks und die öffentlichen Forschungsprojekte, in denen PODs eingesetzt werden, möglichst eng zusammen arbeiten, die Methode weiter entwickeln und einen gemeinsamen Standard für die Untersuchungen entwickeln.

6. Zusammenfassung

Im Sommer und Herbst 2002 führten wir im Rahmen einer Vorstudie Untersuchungen zum Vorkommen von Schweinswalen westlich der Insel Sylt mit Hilfe von Klickdetektoren (PODs) durch. Diese Geräte zeichnen die hochfrequenten Klicklaute der Schweinswale auf und analysieren diese anhand individuell einzustellender Filterfunktionen. Die Daten können über einen PC ausgelesen und ausgewertet werden. Da der Einsatz von PODs keine erprobte Methodik ist, haben wir zunächst verschiedene Tests mit den Geräten durchgeführt.

Wir arbeiteten mit insgesamt 5 PODs, die wir jeweils an einem Ankersystem ca. 2 Meter über dem Meeresgrund fixierten. Der Vergleich der PODs zeigte, dass die Geräte mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit Schweinswale erfassen, der Erfassungsgrad aber zwischen den Geräten stark schwankt. Als bester Parameter zur Messung von Schweinswalaktivität eignet sich die Klickfrequenz, die angibt, wieviel Minuten pro aufgezeichneter Zeit mit Klickaktivität aufgezeichnet wurden. Da die mittlere tägliche Klickfrequenz zwischen den verschiedenen PODs weitgehend parallel verläuft, konnten Korrekturfaktoren auf Basis des sensitivsten PODs berechnet werden.

Zwischen 6. Juli und 18. Oktober wurden insgesamt 5.528 Stunden lang Daten aufgezeichnet. 89 % der Daten stammen von drei PODs, die an zwei ca. 10 km weit auseinander liegenden Stationen ausgebracht waren. Die Klickfrequenz veränderte sich im Laufe des Untersuchungszeitraums und im Tagesverlauf. Mehrere Tage hoher Schweinswalaktivität wurden abgelöst durch mehrere Tage geringer Aktivität. Ein den Sichtbeobachtungen vergleichbarer Jahresgang kann anhand der vorliegenden Ergebnisse noch nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Der Tagesverlauf der Klickfrequenz war bei allen PODs durch hohe Werte von den frühen Morgenstunden bis zum späten Nachmittag eines Tages und geringe Werte während der Nachtstunden gekennzeichnet.

Mit 10 bis 40 Klickereignissen pro Tag und mittleren Klickfrequenzen von 3,5 bis 8 % übersteigen die mit dieser Methode erhobenen Datenmengen die Ergebnisse der auf Sichtbeobachtungen basierenden Erfassungsmethoden. Ein Nachteil der vorgestellten Methode liegt darin, dass die aufgezeichneten Daten bisher weder mit bestimmten Verhaltensweisen noch mit Anzahl oder Entfernung der Tiere vom Hydrofon in Verbindung gebracht werden können.

Für ein weiteres bau- und betriebsbegleitendes Monitoring, das potenzielle Bestandsveränderungen der Schweinswale im Seegebiet um und im Windpark erkennen soll, machen wir auf der Basis unserer Ergebnisse zwei Vorschläge für weitere Untersuchungen.

1. Ein Vorher-Nachher-Vergleich von festen POD-Stationen im Eingriffs- und in einem 10 km entfernten Referenzgebiet (BACI-Ansatz, TEILMANN et al. 2002, SKOV et al. 2002). Ein solcher Vergleich erfordert Datenreihen über mehrere Jahre mit geeichten Geräten in zwei oder mehr Gebieten, die in ihrer Bedeutung für Schweinswale einander möglichst ähnlich sein sollen.
2. Ein Vergleich von PODs, die in einem Transekt mit Abständen von 500 bis 1.000 Metern aus dem Windpark herausführen. Eine Veränderung der Schweinswaldichte im direkten Einflussbereich des Windparks kann auf diese Weise innerhalb von wenigen Wochen nachgewiesen werden. Eine flexible Auswahl der Transekte kann die Aussagekraft bezüglich der Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Schweinswale erhöhen.

Eine Kombination beider Methoden und erscheint uns bei dem derzeitigen Wissensstand als sinnvollste Lösung, wobei es von der weiteren Entwicklung der Methodik, insbesondere bezüglich eines standardisierten Kalibrationsverfahren abhängen wird, welcher Ansatz am effektivsten durchführbar ist.

Die Erfahrungen aus den ersten Monaten der Untersuchung machen deutlich, dass der Einsatz von PODs ein großes Potenzial für die Untersuchung von Schweinswalen bietet, jedoch auch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist. Wir halten es vor diesem Hintergrund daher für äußerst wichtig, dass die verschiedenen Begleituntersuchungen zu Windparks und die öffentlichen Forschungsprojekte, in denen PODs eingesetzt werden, möglichst eng zusammen arbeiten, die Methode weiter entwickeln und einen gemeinsamen Standard für die Untersuchungen entwickeln.

7. Literatur

- Au, W. W. L., R. A. Kastelein, T. Rippe & N. M. Schoonemann. 1999. Transmission beam patterns and echolocation signals of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). *J. Acoust. Soc. Am.* 106: 3699-3705.
- Grünkorn, T., A. Diederichs, S. Gruber & G. Nehls. 2002. Fachgutachten Meeressäuger. Umweltverträglichkeitsstudie für den Offshore-Bürger-Windpark-Butendiek. Bio Consult SH, Hockensbüll.
- Henriksen, O. H. 2001. Støj fra havbaserede vindmøller– effekter på marsvin og sæler. (Noise from offshore wind turbines– effects on porpoises and seals). University of Southern Denmark. Roskilde.
- Lucke, K., R. P. Wilson, J. Teilmann, S. Zankl, D. Adelung & U. Siebert. 2000. Advances in the elucidation of cetacean behaviour: A case study on harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). In: J. Teilmann. 2000. The behaviour and sensory abilities of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in relation to bycatch in Danish gillnet fishery. Ph. D. thesis, University of southern Denmark, Odense.
- Ødegaard & Danneskiold-Samsøe (ØDS) 2000. Offshore Wind-Turbines – VVM. Underwater Noise Measurements, Analysis, and Predictions. Gutachten im Auftrag von SEAS Distribution A.m.b.A., Dänemark. 29 S.
- Parijs, S. M. v., J. Smith & P. J. Cokeron. 2002. Using calls to estimate the abundance of inshore dolphins: a case study with Pacific humpback dolphins *Sousa chinensis*. *J. Appl. Ecol.* 39: 853–864.
- Skov, H., J. Carstensen, J. Teilmann, O. D. Henriksen. 2002. Investigations of harbour porpoises at the planned site for wind turbines at Horns Reef. Status report: 1/1 2001 –1/4 2002. Technical report for Tech-wise A/S. Ornis Consult. 45 pp.
- Teilmann, J. 2000. The behaviour and sensory abilities of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in relation to bycatch in Danish gillnet fishery. Ph. D. thesis, University of southern Denmark, Odense.
- Teilmann, J. O. Damsgaard Henriksen & J. Carstensen. 2001. Status report of the pilot project: Porpoise detectors (PODs) as a tool to study potential effects of offshore windfarm on harbour porpoise at Rødsand. Report for SEAS. 39 pp.
- Read, A. & A. J. Westgate. 1997. Monitoring the movements of harbour porpoise (*phocoena phocoena*) with satellite telemetry. *Marine Biology* 130: 315-322.