

# Kalibrierung von C-PODs: Evaluierung von Kalibrierungsdaten und Einbindung in statistische Auswertungen

Schlussbericht zum Projekt

Ökologische Begleitforschung am  
Offshore-Testfeldvorhaben *alpha ventus*  
zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes  
des BSH (StUKplus)

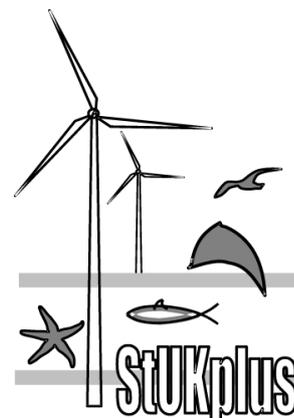


©DOTI 2009 - Matthias Iberler

Veronika Wahl, Alexander Braasch, Marco Gauger, Ansgar Diederichs, Armin Rose,  
Michael Dähne

Im Auftrag des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Oldenburg, Dezember 2013





IBL Umweltplanung  
GmbH  
Bahnhofstraße 14a  
26122 Oldenburg  
Tel.: 0441 505017-10  
www.ibl-  
umweltplanung.de



Institut für Angewandte  
Ökosystemforschung  
GmbH  
Gotenstraße 4  
20097 Hamburg  
Tel.: 040 23 80 87 90  
www.ifaö.de



BioConsult SH  
GmbH & Co KG  
Brinckmannstr. 31  
25813 Husum  
Tel.: 04841 66 32 9 -0  
www.bioconsult-sh.de

<b>Federführung:</b>	IBL Umweltplanung GmbH	Dieter Todeskino
<b>Bearbeitung:</b>	IBL Umweltplanung GmbH	Veronika Wahl Alexander Braasch
	IfAÖ (ehemals biola):	Marco Gauger
	BioConsult SH:	Ansgar Diederichs Armin Rose
	ITAW:	Michael Dähne

**Version:** 2.0

**Stand:** 05. Dezember 2013

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH“ (StUKplus) erstellt. Das StUKplus-Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0327689A gefördert. Es ist Bestandteil der Forschungsinitiative „Research at alpha ventus“ (RAVE).

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



### Zitiervorschlag:

Wahl, V., Braasch, A., Gauger, M., Diederichs, A., Rose, A. & Dähne, M. (2013). Kalibrierung von C-PODs: Evaluierung von Kalibrierungsdaten und Einbindung in statistische Auswertungen. Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ: 0327689A).

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Glossar - Definitionen häufig verwendeter Begriffe.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Schweinswalspezifische Definitionen: .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Akustische, messtechnische und C-POD-spezifische Definitionen: .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3</b>	<b>Begriffe aus dem Bereich der relationalen Datenbanken: .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Aufgabenstellung.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Kalibrierung und Eichung – eine Begriffsabgrenzung .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>C-POD – Was verbirgt sich dahinter? .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>Kalibrierung von C-PODs – Unterschiedliche Motivationen .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>Wo, wie und von wem wird kalibriert?.....</b>	<b>9</b>
<b>5.2</b>	<b>Was wird kalibriert?.....</b>	<b>9</b>
<b>5.3</b>	<b>Ziel der Kalibrierung .....</b>	<b>10</b>
<b>5.4</b>	<b>Einbindung der Kalibrierungsergebnisse in die Datenauswertung – Ziele und Fragestellungen .....</b>	<b>11</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Pro und Contra – Welcher Ansatz ist der Bessere?.....</b>	<b>14</b>
<b>5.5</b>	<b>Relevanz der Kalibrierungsergebnisse für die Auswertung .....</b>	<b>15</b>
<b>5.6</b>	<b>Verfügbare Größen und Komponenten – eine Evaluation .....</b>	<b>16</b>
<b>5.6.1</b>	<b>C-POD – Akustische Kenngrößen und Versionsunterschiede .....</b>	<b>16</b>
<b>5.6.2</b>	<b>cpod.exe – Informationen aus der Rohdatenprozessierung.....</b>	<b>17</b>
<b>5.6.3</b>	<b>PODIS – Sinnvolle Variablen auf verschiedenen Ebenen der Datenbank .....</b>	<b>18</b>
<b>5.6.4</b>	<b>Kalibrierungsprotokolle – eine Erklärung .....</b>	<b>18</b>
<b>5.7</b>	<b>Einbindung der Kalibrierungsergebnisse – die Umsetzung .....</b>	<b>20</b>
<b>5.7.1</b>	<b>Kalibrierungsergebnisse – Aufbereitung in verwendbare Größen.....</b>	<b>20</b>
<b>5.7.2</b>	<b>Verschiedene Schwellenwerte und ihre Berechnungen.....</b>	<b>20</b>
<b>5.7.3</b>	<b>Übersetzung des Schalldrucks – C-POD (dIPpp) nach Dezibel .....</b>	<b>23</b>
<b>5.8</b>	<b>Erstellung der Datensätze – Vorgehensweise und Umsetzung.....</b>	<b>24</b>
<b>5.8.1</b>	<b>Datenbeschneidung bzw. Filterung – Schematische Darstellung.....</b>	<b>24</b>

<b>5.8.2</b>	<b>Klickebene – Theorie und Methodik .....</b>	<b>27</b>
<b>5.8.3</b>	<b>Trainebene – Theorie und Methodik .....</b>	<b>29</b>
<b>5.9</b>	<b>Statistische Auswertungen.....</b>	<b>30</b>
<b>5.9.1</b>	<b>Einbindung der Kalibrierungsergebnisse – GAM(M) .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>32</b>
<b>6.1</b>	<b>Schwellenwerte und C-POD-Sensitivitätsunterschiede .....</b>	<b>32</b>
<b>6.2</b>	<b>Schalldruckübersetzung .....</b>	<b>35</b>
<b>6.3</b>	<b>Kalibrierungsergebnisse und Schweinswaldaten.....</b>	<b>39</b>
<b>6.3.1</b>	<b>Vergleich der Einbindung auf Klick- und Trainebene .....</b>	<b>39</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Schweinswaldaten auf Trainebene .....</b>	<b>54</b>
<b>6.4</b>	<b>GAM(M) – Einfluss der Kalibrierungsergebnisse auf ökologische Modellierung.....</b>	<b>57</b>
<b>6.5</b>	<b>PODIS und die Kalibrierungsergebnisse .....</b>	<b>61</b>
<b>6.5.1</b>	<b>Welche Variablen für welche Aussagen?.....</b>	<b>62</b>
<b>6.5.2</b>	<b>Wie in welche Tabelle einbinden?.....</b>	<b>63</b>
<b>6.5.3</b>	<b>Sinnvolle Sichten- und Anwendungserweiterungen.....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>63</b>
<b>7.1</b>	<b>Kalibrierungen des DMMs.....</b>	<b>63</b>
<b>7.2</b>	<b>PODIS Variablen.....</b>	<b>64</b>
<b>7.3</b>	<b>C-POD-Eichung, -Kalibrierung und Schweinswalklicks .....</b>	<b>64</b>
<b>7.4</b>	<b>Einbinden der Kalibrierungsergebnisse – Klick- vs. Trainebene .....</b>	<b>65</b>
<b>7.5</b>	<b>Verwendung der Kalibrierungsergebnisse .....</b>	<b>66</b>
<b>7.5.1</b>	<b>Methode 1 – Prinzip „Detektionsschwelle“ .....</b>	<b>67</b>
<b>7.5.2</b>	<b>Methode 2 – Prinzip „Erfassungs-SPL“ .....</b>	<b>67</b>
<b>7.5.3</b>	<b>12er-Schwelle versus 50 %-Schwelle .....</b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>Kalibrierungs- und Auswertungsempfehlung .....</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>72</b>

#### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Visualisierung von Begriffen aus dem Lärmschutz anhand von Rammschall.....	4
Abbildung 2:	Kalibrierungsebene.....	10

Abbildung 3:	Visualisierung des Prinzips „Detektionsschwelle“ .....	12
Abbildung 4:	Visualisierung des Prinzips „Erfassungs-SPL“ .....	13
Abbildung 5:	Screenshot eines C-POD-Kalibrierungsprotokolls des DMM – Ausschnitt aus den Tabellenblättern dIPpp in Dezibel Übersetzung (links) und 50 %-Schwelle (rechts).....	19
Abbildung 6:	Datenexploration dIPpp zu receiving level bei einer Frequenz von 130 kHz .....	23
Abbildung 7:	Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Detektionsschwelle“ bei einem dIPpp von 12 (uniform scale approach).....	25
Abbildung 8:	Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Detektionsschwelle“ anhand der 50 %-Schwelle aus den Kalibrierungsergebnissen .....	25
Abbildung 9:	Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Erfassungs-SPL“ anhand der 12er-Schwelle .....	26
Abbildung 10:	Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzip „Erfassungs-SPL“ anhand der 50 %-Schwelle aus den Kalibrierungsergebnissen .....	27
Abbildung 11:	Vorgehensweise der Datenbeschneidung anhand der Kalibrierungsgrenzwerte auf Klickebene .....	28
Abbildung 12:	Vorgehensweise der Datenbeschneidung anhand der Kalibrierungsgrenzwerte auf Trainebene und die anschließende Umwandlung.....	29
Abbildung 13:	C-POD-übergreifende Variation möglicher Datenbeschneidungsgrenzwerte und C-POD-Schalldruckkennwerte im Verhältnis zum <i>receiving level</i> .....	33
Abbildung 14:	Verteilung umgesetzter Schwellenwerte als dIPpp von 124 C-PODs .....	34
Abbildung 15:	Zusammenhang zwischen dIPpp und receiving level am Beispiel von V1 C-POD 2103 bei einer Frequenz von 130 kHz.....	35
Abbildung 16:	Schalldruckabbildung (dIPpp auf receiving level) von 124 C-PODs .....	36
Abbildung 17:	Verteilung der Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion und wichtiger Schalldruckwerte .....	37
Abbildung 18:	Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion bei verschiedenen Frequenzen.....	38
Abbildung 19:	Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station S9 zwischen 16. April und 26. Juni 2010 .....	45
Abbildung 20:	Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station S3 zwischen 10. September und 17. Oktober 2010 .....	46
Abbildung 21:	Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station 9 zwischen 16. April und 26. Juni 2010.....	47
Abbildung 22:	Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte pro Station und vorgenommener Filterung der Klicks vor der Prozessierung.....	48
Abbildung 23:	Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte an den drei C-PODs der drei ausgewerteten Zeiträume; Filterung während der Prozessierung.....	49
Abbildung 24:	Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte an den drei C-PODs der drei ausgewerteten Zeiträume; Filterung anhand des mittleren Schalldrucks der Trains.....	50
Abbildung 25:	Vergleich der Filterung vor der Prozessierung anhand der Klicks (rot) und nach der Prozessierung anhand der Trains (grün).....	51
Abbildung 26:	Zusammenhang zwischen C-POD-internem unreferenziertem Schalldruck und dem Schalldruckpegel in dB re 1µPa am Beispiel der analysierten C-PODs bei 130 kHz .....	54
Abbildung 27:	Frequenzabhängigkeit der Sensitivität von C-PODs anhand der Bestimmung des 50/50 Grenzwertes der individuellen C-PODs (Threshold [dB]). .....	54

Abbildung 28:	Prozentsätze verworfener Traindaten bei V0 C-PODs nach Einarbeitung der (Kalibrierungs-)Grenzwerte auf Trainebene.....	56
Abbildung 29:	Prozentsätze verworfener Traindaten bei V1 C-PODs nach Einarbeitung der (Kalibrierungs-)Grenzwerte auf Trainebene.....	57
Abbildung 30:	GAMM-Plot der unbeschnittenen Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4. GAMM mit C-POD ID als <i>random factor</i> .....	59
Abbildung 31:	GAM-Plot der unbeschnittenen Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4 unter Einbezug der Kalibrierungsgrenzwerte .....	60
Abbildung 32:	GAM-Plot nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“ mit der schlechtesten mittleren „50 %-Schwelle Radius“ als Bezugsgrenzwert auf Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4 .....	61

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wichtige Train-Variablen, ihre Aussage und Einheiten im *.CP3- und *.txt-File der von cpod.exe prozessierten Daten .....	17
Tabelle 2:	Ausgewertete C-POD-Daten, Station, PODID, C-POD Version, ursprüngliche Station, Wassertiefe, berücksichtigter Datenzeitraum, Datenlänge .....	30
Tabelle 3:	GAM Variablen .....	32
Tabelle 4:	Anzahl an aufgezeichneten Klicks (all Klicks), Klicks die zu Trains (filtered Klicks) zusammengesetzt werden und Klicks von Schweinswalen (positive Klicks) .....	41
Tabelle 5:	Anzahl aufgezeichneter Klicks, Verhältnis zwischen ungefilterter und gefilterter Prozessierung, Aktivitätsdichte der gefilterten Klicks (DPM) und der gefilterten Trains (DPM-train) .....	42
Tabelle 6:	Spearman Rangkorrelation der Aktivitätsdichte (DPM/Tag).....	43
Tabelle 7:	Anzahl an Klicks die durch Filterung der Trains nach der Prozessierung in die Analyse einfließen (Spearman-Rang-Korrelation).....	52
Tabelle 8:	Vergleich der Aktivitätsdichten der ungefilterten Daten, der vor und der nach der Prozessierung gefilterten Daten (Spearman-Rang-Korrelation).....	52
Tabelle 9:	Sensitivität der C-PODs bei 130 kHz, Grenzwerte der individuellen C-PODs inkl. Rang.....	53
Tabelle 10:	Ergebnisse der GAM Modellierungen.....	58
Tabelle 11:	In der POD Datenbank vorhandene Variablen zur Einbindung von Kalibrierungsergebnissen .....	62

## Anhang

Anhangstabelle 1:	Aufbereitete C-POD Kalibrierungen mit Schalldruckabbildungsfunktion und Grenzwertberechnungen .....	72
Anhangstabelle 2:	Korrelation der Aktivitätsdichten bei Filterung der C-POD-Daten eines Stationsteils – Signifikante Änderung oder nicht? .....	89

## 1 Zusammenfassung

Aufgrund bisher fehlender einheitlicher Methoden zur Verwendung der Kalibrierungsdaten in der statistischen Auswertung von akustischen Schweinswaldaten von Klickdetektoren, werden hier mögliche Vorgehensweisen vorgestellt und evaluiert. In einem weiteren Schritt wird deren Effizienz und das zukünftige standardisierte Einbinden der Kalibrierungsdaten überprüft.

Die (Tank-)Kalibrierung stellt aktuell die Abweichung der technischen Kenngrößen der Geräte bereit. Dies umfasst die Detektionsschwelle als „50 % Schwelle“, also den Lautstärkepegel, bei dem die Messgeräte genau 50 % der ausgesendeten Signale registrieren, die Messung der aufgezeichneten Werte gegenüber kalibrierten Empfangspegeln sowie die Messung verschiedener Frequenzen und Messung der Direktionalität der Hydrophone.

Die Kalibrierungsergebnisse (bezogen auf 130 kHz) können auf verschiedene Arten verwendet werden. Zum einen können außergewöhnlich starke Abweichungen von der Norm aufgedeckt werden, zum anderen können Schwankungen innerhalb eines tolerierbaren Bereichs in die statistischen Auswertungen eingebunden werden, um einen Teil der unerklärten Variation in den Daten zu berücksichtigen. Dabei werden die gerätebedingten unterschiedlichen Empfangscharakteristika der C-PODs einbezogen, um die studienübergreifende Vergleichbarkeit der Auswertungen zu gewährleisten.

In dieser Studie werden zwei mögliche Ansätze geprüft: Im ersten Ansatz werden Daten, die z. B. oberhalb der 50 %-Schwelle liegen, in den Auswertungen berücksichtigt: Prinzip **1) „Detektionsschwelle“**. Im zweiten Ansatz wird der Aufnahmeradius der Hydroschallmessgeräte normiert: Prinzip **2) „Erfassungs-SPL“**. Beide Verfahren sind mit einer Aufwandsbereinigung bei visuellen Surveys gleichzusetzen.

Um die Daten gemäß der beiden Ansätze beschneiden zu können, müssen sowohl die Schwellenwerte als auch die Schalldruckabbildungsfunktion bekannt sein. Letztere bildet den vom C-POD aufgezeichneten unreferenzierten Schalldruck ( $dIP_{pp}$ : angegeben in Ganzzahlwerten 0 – 255, linear) auf eine allgemein verständliche Einheit oder Skala (angegeben in dB re  $\mu Pa$  (logarithmisch) oder Pa(linear)) ab. Dies wird mit Hilfe der Kalibrierungsergebnisse erreicht.

Im Idealfall geschieht die Beschneidung der Daten bereits auf Klickebene. Aus Gründen der Datenhaltung und Machbarkeit wird hier ein Ansatz auf Trainebene verfolgt. Dieser Ansatz wurde zuvor durch eine exemplarische Auswahl von auf Klickebene gefilterten Daten überprüft. Der Einfluss der Kalibrierungsdaten wird sowohl auf Trainebene als auch für  $pp10m/day$  (GAM – Generalisiertes Additives Modell) untersucht, wobei die Daten mit der mittleren „50 %-Schwelle Radius“ beschnitten wurden.

Die möglichen Einflüsse der C-POD Versionsunterschiede (V0 vs. V1) wurden dabei berücksichtigt. V0-C-PODs sind unsensitiver als V1-C-PODs, die Steigung der Schalldruckabbildungsfunktion ist steiler und sie zeichnen softwarebedingt erst Geräusche ab einem mittleren Schalldruck von 12 (C-POD-interne unreferenzierte Skala) auf. Je nach gewähltem Ansatz der Datenbeschneidung und nach C-POD-Version variiert die relative Häufigkeit der verworfenen Traindaten pro C-POD zwischen 0 und 32 %.

Die Einbindung der Kalibrierungsdaten verändert bei dem hier verwendeten Datensatz nicht die ökologische Aussage des Modells, verbesserte aber seine Qualität (Variationskoeffizient: -12,1 %; erklärte *deviance*: +3,5 %). Die Bedeutung der Kalibrierungsdaten innerhalb einer statistischen Analyse kann höher sein, wenn im Rahmen von Vergleichen (auf räumlicher und/oder zeitlicher Ebene) auch geringfügige Unterschiede auf ihre Signifikanz geprüft werden sollen. Aus diesem Grund sollte die Sinnhaftigkeit der Einbindung der Kalibrierungsdaten im Einzelfall geprüft werden. Aufgrund der Sen-

sitivitätsunterschiede zwischen den C-POD-Versionen ist ein Einsatz von Geräten beider Versionen innerhalb einer Studie kritisch und in der Datenauswertung sorgfältig zu berücksichtigen.

Die Güte der durch die Kalibrierungen empirisch ermittelten 50 %-Schwellen muss in einer weiteren Studie untersucht werden. Alternativ kann bei gleichbleibender C-POD Sensitivität die 12er-Schwelle gewählt werden. Ob die Kalibrierungsergebnisse in die statistische Datenauswertung eingebunden werden, muss studienabhängig geprüft werden. Die C-PODs sollten zukünftig kalibriert werden, um die Datengüte zu gewährleisten, und defekte Geräte frühzeitig zu erkennen.

## 2 Glossar - Definitionen häufig verwendeter Begriffe

Zur einfacheren Lesbarkeit des Textes und um Missverständnisse zu vermeiden, werden hier im Text häufig verwendete Begriffe definiert und erklärt.

### 2.1 Schweinswalspezifische Definitionen:

- **Klick:** Ein von einem Schweinswal zur Orientierung, Kommunikation oder Beutesuche ausgesendeter Laut. Schweinswal-Klicks weisen eine hohe Tonalität bei diskreten Frequenzen auf. Bei Schweinswalen besteht ein Klick beispielsweise aus mehreren Zyklen von Sinusschwingungen bei ca.130 kHz, welche durch eine ebenfalls sinusartige Einhüllende unterschiedliche Schalldruckpegel aufweisen.
- **Train:** Unter einem „Train“ versteht man eine zeitlich eng aufeinander folgende detektierte Reihe aus Klicks. Um insbesondere bewegte Objekte mit der nötigen Genauigkeit lokalisieren ebenso wie zur Orientierung, setzen Schweinswale mehrere Klicklaute hintereinander ein. Es wird weiterhin angenommen, dass Schweinswale bestimmte Klickabfolgen als Kommunikationssignale nutzen. Die Definition von „Train“ innerhalb der Nutzung von Klickdetektoren als detektierte Klickabfolge unabhängig von einem verhaltensbiologischen Kontext unterscheidet sich stark von der in der Verhaltensbiologie genutzten Definition, bei der ein „Train“ genau einer ausgeübten Verhaltensweise des Tieres entspricht.
- **dpm und dp10m:** Definierte Minuten- oder 10 Minuten-Intervalle zur Beschreibung von Schweinswalaktivität. dpm steht für „*detection positive minute*“ und dp10m für „*detection positive 10 minutes*“. Ein Zeitintervall ist dann „schweinswalpositiv“ (*detection positive*) wenn während dieses Zeitintervalls mindestens ein Train eines Schweinswales detektiert wurde. Die tatsächliche Anzahl der registrierten Trains in diesem Zeitraum spielt hierbei keine Rolle. Dies entspricht der Annahme, dass Schweinswale eine gewisse Zeit brauchen, um ein Gebiet zu durchschwimmen – d.h. es wird angenommen, dass zwei innerhalb einer Minute aufgenommene Trains vom selben Schweinswal stammen.

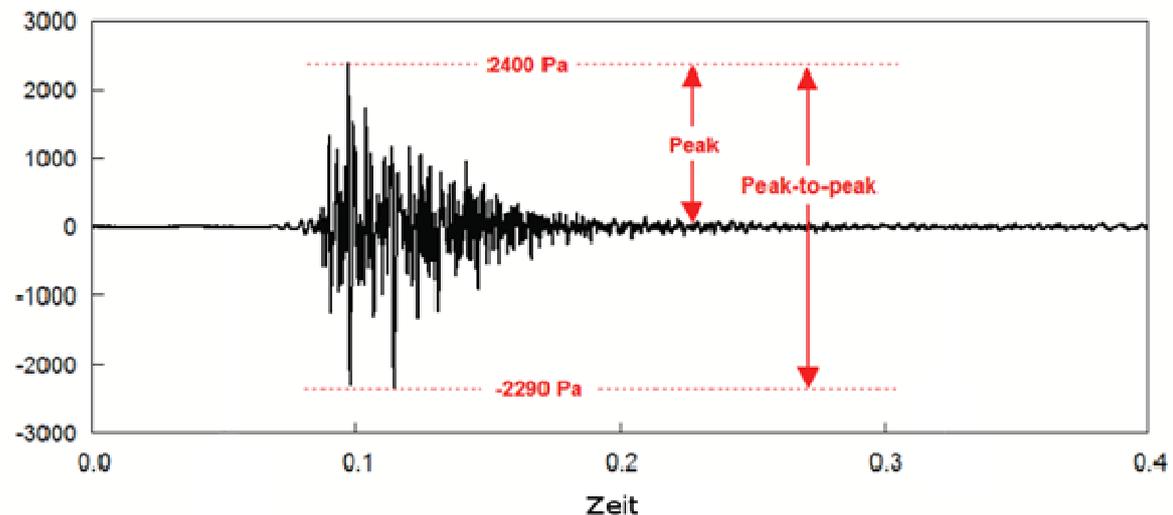
### 2.2 Akustische, messtechnische und C-POD-spezifische Definitionen:

- **Eichung:** Die Einstellung eines Messgeräts eine definierte Messgröße innerhalb einer gewünschten Genauigkeit zu messen (JCGM, 2012). Auch nach einer Eichung kann es noch zu Messabweichungen vom Normgerät kommen, welche aber innerhalb der angestrebten Genauigkeit liegen und durch eine Kalibrierung festgestellt werden können (JCGM, 2012).
- **Kalibrierung:** Das Bestimmen von Abweichungen des zu kalibrierenden Gerätes unter festgelegten Bedingungen in Relation zu einem normierten Referenzgerät (JCGM, 2012). Es werden also Messungenauigkeiten festgestellt und diese ggf. in der Interpretation der Messungen berücksichtigt (JCGM, 2012).
- **SI-Einheit:** International allgemeingültige Einheit der die Vereinbarungen des international gültigen Einheitensystems, *Le Système internationale d'unités* (herausgegeben vom Internationale Büro für Maß und Gewicht (BIPM) in Sèvres bei Paris), zugrunde liegen (PTB/ BIPM, 2007).
- **Schalldruckpegel (SPL):** Pegelwert des Schalldrucks. Der zwanzigfache Logarithmus zur Basis zehn ( $20 \cdot \lg_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)$ ) eines gemessenen Schalldrucks P im Verhältnis zu einem Referenz-

druck  $P_o$ . Hier, wenn nicht anders vermerkt, in Dezibel mit einem Referenzdruck von  $1\mu\text{Pa}$  angegeben (Einheit dB re  $1\mu\text{Pa}$ ). Er beschreibt wie laut ein Geräusch ist. Die Messung von Luftschalldruck in dB(A) ist dem menschlichen Gehör angepasst, das in einer logarithmischen Weise auf eine ansteigende Schallintensität reagiert. Wegen der unterschiedlichen Referenzdrücke und deren Bedeutung sind Luftschalldruckpegel und Unterwasserschalldruckpegel nicht intuitiv miteinander vergleichbar und die Sinnhaftigkeit eines Vergleichs ist fragwürdig.

- **dIPpp**: Vom C-POD aufgezeichneter, unreferenzierter und digitalisierter peak-to-peak Schalldruckwert (*digitised level Pressure peak-peak*) eines aufgezeichneten Geräuschs. Auf der Speicherkarte eines C-PODs werden diesem Wert 8-Bit Speicherplatz zugesprochen, weshalb er theoretisch ganzzahlige Werte in dem Bereich zwischen 0 und 255 annehmen kann. Die Bezeichnung des unreferenzierten Schalldrucks erfolgte in Anlehnung an DÄHNE u. a. (2013), um eine einfachere Lesbarkeit dieses Berichts in Relation zur genannten Publikation zu ermöglichen.

Das für „peak-to-peak“ stehende pp beschreibt, dass der angegebene Wert der Betrag der Differenz zwischen der maximalen negativen und der maximalen positiven Amplitude eines Signals ist (Abbildung 3).



**Abbildung 1: Visualisierung von Begriffen aus dem Lärmschutz anhand von Rammschall**

Erklärung: (nach BETKE & MATUSCHEK, 2011)

- **Dezibel (dB)**: Ein Pegelmaß, das auch bei der Berechnung des Schalldruckpegels Verwendung findet: Der zwanzigfache Logarithmus zur Basis zehn ( $20 \cdot \lg_{10}(\frac{P}{P_o})$ ) eines gemessenen Schalldrucks  $P$  im Verhältnis zu einem Referenzdruck  $P_o$ . Bei den hier angegebenen Dezibel-Werten wird stets, wie für Unterwasserschall üblich, ein Referenzdruck  $P_o$  von  $1\mu\text{Pa}$  verwendet.
- **Frequenz**: Die Frequenz beschreibt die Anzahl an vollständigen Schwingungen pro Zeiteinheit. Sie wird üblicherweise in *Hertz* (Hz) angegeben, wobei 1 Hz einer vollständigen Schwingung pro Sekunde entspricht. Der Kehrwert der Frequenz ist die Periodendauer, welche die zeitliche Dauer einer einzigen vollständigen Schwingung beschreibt. Bei einem reinen Ton bestehend aus einer sinusartigen akustischen Welle entspricht die Frequenz der Tonhöhe. Ei-

ne höhere Frequenz, also mehr Schwingungen pro Zeiteinheit, wird als höherer Ton wahrgenommen.

- **receiving level:** Entspricht dem gemessenen Schalldruckpegel (SPL) der an einem bestimmten Ort empfangen wird. Dieser Begriff wird in diesem Bericht ausschließlich im Zusammenhang mit den C-POD-Kalibrierungen verwendet, um den Schalldruckpegel zu beschreiben, der an der Position des C-PODs herrscht.
- **50 %-Schwellenwert:** Derjenige Schalldruckpegel, bei dem ein(e) Messgerät/Person/Tier genau 50 % der ausgesendeten Signale akustisch detektiert. Für eine weiterführende Erklärung siehe Exkurs in Abschnitt 5.2. Für mögliche Berechnungen dieser Größe siehe Abschnitt 5.7.2. Die gewählten Begriffe für die verschiedenen Berechnungsarten sind „50 %-Schwelle unsensitivster Winkel“ und „Mittlere 50 %-Schwelle“ (Abschnitt 5.7.2).

### 2.3 Begriffe aus dem Bereich der relationalen Datenbanken:

- **Sicht:** Unter einer Sicht (im englischen *View* und in MS Access unter „Abfragen“ zu finden) versteht man eine virtuelle Tabelle, die aus Abfragen auf tatsächlich bestehende Tabellen generiert wird.
- **Tabelle:** Datenspeichereinheit nicht redundanter Informationen einer relationalen Datenbank: Das bedeutet, dass es keine doppelten Einträge gibt und sämtliche Attribute (der den „Spalten“ der Tabelle zugrundeliegenden Bedeutungen) atomar sind (nach SCHICKER, 2000).
- **Datenbank:** „[...] eine Sammlung von Daten, die untereinander in einer logischen Beziehung stehen und von einem eigenen Datenbankverwaltungssystem verwaltet werden“ (SCHICKER, 2000). Dies ermöglicht eine effiziente Speicherung (wenig Speicherplatz) und Abfrage (kurze Laufzeiten beim Extrahieren von Informationen) komplexer Datenstrukturen. Bei der PODIS (KLÜVER, 2011) zugrunde liegenden Datenbank *POD* handelt es sich um eine relationale Datenbank, die auf der Datenbanksprache SQL (*Sequential Query Language*) basiert und auf einem Microsoft SQL Server 2008 R2 realisiert ist.
- **Datenbankanwendungsoberfläche:** Ein Anwendungsprogramm mit zumeist graphischer Benutzeroberfläche, durch das bestimmte Operationen und Abfragen auf der zugrunde liegenden Datenbank durchgeführt werden können. Das Programm PODIS ist ein eben solches Anwendungstool, welches das einfache Einpflegen, Abfragen, Organisieren und Exportieren von Schweinswaldaten in die POD-Datenbank ermöglicht.
- **Datenbankexport:** Ein Auslagern gewünschter Daten, ohne diese jedoch aus der tatsächlichen Datenbank zu löschen. Ein solcher Export ist äußerst sinnvoll, da sich auf kleineren Datenmengen gewisse Abfragen und Berechnungen schneller durchführen lassen. Darüber hinaus lässt sich ein Export auch verwenden, um spezielle Informationen mit anderen Anwendern auszutauschen. PODIS stellt einen Datenbankexport in ein MDB-Format zur Verfügung (*PODReport.mdb*), auf welches dann mit Access oder extern über SQL zugegriffen werden kann. Um Daten zwischen unterschiedlichen POD-Datenbanken auszutauschen und einzupflegen, muss mit dem hierfür vorgesehenen XML-Export gearbeitet werden, der es ermöglicht, die Daten kampagnenweise auszutauschen.
- **Primärschlüssel:** Eineindeutige Zuordnung (Identifikation) eines Eintrags in einer Tabelle. Wird zum Beispiel C-POD Nummer „2013“ in die Tabelle für C-PODs eingepflegt, so bekommt er eine eineindeutige Identifikationsnummer, die unabhängig von der C-POD-Nummer generiert wird (im Beispiel bekommt C-POD „2013“ die ID-Nummer „658“).

- **Fremdschlüssel:** Der Primärschlüssel einer anderen Tabelle auf die verwiesen werden soll. Wurde zum Beispiel Messkampagne A mit C-POD „2013“ durchgeführt, so steht im Fremdschlüsseleintrag für den C-POD der Primärschlüssel dieses C-PODs, nämlich die Nummer „658“.

### 3 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren für Offshore-Windenergieanlagen in der ausschließlichen Wirtschaftszone ist u.a. der Einfluss auf marine Säuger, insbesondere den Schweinswal (*Phocoena phocoena*), zu überprüfen. Gemäß Standarduntersuchungskonzept (StUK3 BSH, 2007) wird seitens der Genehmigungsbehörde (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH) der Einsatz von Klickdetektoren (C-PODs) vorgegeben und eine Kalibrierung der Geräte empfohlen.

Eine vereinheitlichende Methode zur Verwendung der Kalibrierungsdaten und die standardisierte Einbindung in statistische Auswertungen liegen bisher nicht vor. Im Zuge der Evaluierung des StUK ist eine Verfahrensanweisung zur statistischen Auswertung von C-POD Daten erstellt worden, in der auf die Berücksichtigung von Kalibrierungsdaten hingewiesen wird. Eine Evaluierung vorliegender Kalibrierungsdaten und die Möglichkeit der Einbindung in statistische Auswertungsroutinen soll bis zur endgültigen Erstellung des StUK4 überprüft werden.

Diese Evaluierung ist Gegenstand der vorliegenden Unterlage und beinhaltet die Bearbeitung folgender Teilleistungen (laut Angebot vom 14.06.2013):

1. Überprüfung und Vorschlag für zukünftig zu verwendende Daten aus den C-POD-Kalibrierungen
2. Vorschlag für die Einbindung der Kalibrierungsdaten in das bereits bestehende Datenbankformat (PODIS)
3. Berücksichtigung der Kalibrierungsdaten in den statistischen Datenanalysen als Bestandteil der Verfahrensanweisung im StUK4

Grundlage für das vorliegende Angebot sind die folgenden Daten bzw. Informationen:

- Kalibrierungsdaten von C-PODs geliefert vom Deutschen Meeresmuseum Stralsund (DMM)
- vorprozessierte Schweinswaldaten aus eigenen Untersuchungen aufgrund zurückliegender Erfassungen in den Jahren 2010 bis 2012

Das Überprüfen der Güte der vom DMM durchgeführten Kalibrierungen sowie das empirische Überprüfen der vorgestellten Ansätze anhand von Feldstudien sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

## 4 Einleitung

### 4.1 Kalibrierung und Eichung – eine Begriffsabgrenzung

Unter einer Kalibrierung eines Messgerätes versteht man das Messen von Abweichungen des zu kalibrierenden Gerätes unter festgelegten Bedingungen in Relation zu einem normierten Referenzgerät (JCGM, 2012). Eine Kalibrierung wird benötigt um Messungenauigkeiten festzustellen und diese ggf. in der Interpretation der Messungen berücksichtigen zu können (JCGM, 2012). Sie ist keinesfalls zu verwechseln mit einer Eichung, bei der das Gerät eingestellt wird, bei einer definierten Messgröße diese in einer gewünschten Genauigkeit zu messen (JCGM, 2012). Auch nach einer Eichung kann es noch Messabweichungen vom Normgerät geben, welche wiederum durch eine Kalibrierung festgestellt werden können (JCGM, 2012).

Eine Kalibrierung ist somit ein beschreibender Vorgang, der Messabweichungen von einem normierten Referenzgerät aufzeigt. Unter einer Eichung versteht man dagegen das tatsächliche Einstellen

eines Messgerätes im Rahmen einer tolerierten Messungenauigkeit. Für beide Vorgänge gibt es zertifizierte und unabhängige Einrichtungen, die das Eichen und Kalibrieren von Messgeräten unter genau festgelegten und normierten Bedingungen vornehmen. Geprüfte Stellen und streng eingehaltene Rahmenbedingungen sind essentiell, um die Vergleichbarkeit von Geräten und Daten zu gewährleisten. In Deutschland beschäftigt sich das Deutsche Institut für Normung (DIN) mit der Festlegung der Rahmenbedingungen und notwendigen Genauigkeiten von Kalibrierungen (z.B. DIN IEC 60942 für Schallkalibratoren).

#### **4.2 C-POD – Was verbirgt sich dahinter?**

Ein C-POD ist ein passives akustisches Hydroschall-Messgerät, welches zur Detektion und Klassifikation von Zahnwallauten (TREGENZA, 2012b) in zahlreichen ökologischen Studien herangezogen wird. C-PODs bestehen aus einem eingebauten Hydrophon – ein unterwassertaugliches Mikrofon zum Wahrnehmen von Geräuschen eines definierten Frequenzbandes - zum Detektieren der Zahnwallaute und einem kleinen Prozessor, der zahnwalähnliche Laute, die tonale Anteile haben müssen, auf einer handelsüblichen Speicherkarte (SD-Karte) binär abspeichert (TREGENZA, 2012e). Das tatsächliche Kategorisieren, ob einzelne aufgenommene Lautabfolgen von Schweinswalen stammen, der aufgezeichneten Daten geschieht nicht im C-POD selbst: Erst nach Auslesen der Speicherkarte wird mit Hilfe der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Software cpod.exe unter Verwendung eines nicht publizierten, auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhenden Mustererkennungsalgorithmus eine Klassifizierung der aufgezeichneten Laute vorgenommen (TREGENZA, 2012d, 2012e).

#### **4.3 Kalibrierung von C-PODs – Unterschiedliche Motivationen**

Da in C-PODs Hydrophone verbaut sind, sind erste Schritte zur Vergleichbarkeit der Daten unterschiedlicher C-PODs eine Eichung und eine anschließende Kalibrierung der Messgeräte. Ferner können sich im Laufe der Zeit die Empfangscharakteristika der Hydrophone und damit die Messabweichung von der Norm verändern. Dieses Phänomen wird möglicherweise durch äußere Einflüsse wie Erschütterungen (z.B. beim Handhaben der Geräte; Kollision mit Schiffen) oder starken Schalldruckwellen (z.B. durch Sprengungen von Munition) verstärkt. Solche Veränderungen der Empfangscharakteristik der C-POD-internen Hydrophone können nur durch wiederholte Kalibrierungen festgestellt werden.

Die Kalibrierung von C-PODs kann der Vergleichbarkeit der Daten von unterschiedlichen C-PODs und der Vergleichbarkeit der Daten eines einzelnen C-PODs im Verlauf verschiedener Einsätze dienen. Allerdings werden bis zu diesem Zeitpunkt die Ergebnisse aus den C-POD Kalibrierungen nicht in der statistischen Datenauswertung berücksichtigt.

Man kann also prinzipiell zwei hauptsächliche Motivationen anführen, um eine regelmäßige C-POD-Kalibrierung zu rechtfertigen:

1. Sicherstellung der Funktionalität der Geräte
  - Überprüfen der einwandfreien Funktion eines C-PODs, um Datenverlusten vorzubeugen und eine hohe Qualität der durchgeführten Messungen zu gewährleisten.
2. Vergleichbarkeit von Studien
  - Vereinheitlichen der Datenlage um verschiedene Studien miteinander vergleichen zu können.
    - a. Einbindung der Kalibrierungsergebnisse in die Auswertungen

Diese Variante wird im vorliegenden Bericht untersucht und vorgestellt. Sie dient dazu, nach der Datenerhebung eventuelle gerätebedingte Fehler herauszurechnen, um eine Datenvergleichbarkeit zu gewährleisten.

- b. Festlegen einer Sensitivitätsspanne innerhalb derer die Daten verschiedener Geräte als vergleichbar erachtet werden können

Diese Variante würde nur Geräte zu Studien zulassen, die gewissen Anforderungen entsprechen, um eine Vergleichbarkeit von Studien und Daten zu gewährleisten. Sämtliche andere Geräte dürften in Studien folglich nicht verwendet werden. Die Festlegung der C-POD-Sensitivitätsspanne, würde somit eine sehr viel weniger zeitaufwendige Alternative zum Einbinden der Kalibrierungsergebnisse in die Auswertungen darstellen. Allerdings wären hierzu Feldstudien notwendig.

## 5 Material und Methoden

### 5.1 Wo, wie und von wem wird kalibriert?

Momentan wird die Kalibrierung der C-PODs von einer einzigen un zertifizierten Institution vorgenommen, dem DMM, was unter anderem bzw. hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, dass es für C-POD Kalibrierungen noch keine Zertifizierung gibt. Eine ausführliche Beschreibung der Rahmenbedingungen der C-POD Kalibrierungen am DMM wird in DÄHNE u. a. (2013) geliefert.

### 5.2 Was wird kalibriert?

Kalibriert wird der vom C-POD gemessene Schalldruck eines künstlichen Schweinswalklicks in den Frequenzen 100, 110, 120, 130 und 140 kHz. Ein C-POD loggt den gemessenen Schalldruck auf einer un referenzierten Skala. Das heißt dieser geloggte Schalldruck, im weiteren Verlauf des Berichts als *dIPpp* bezeichnet, besitzt zunächst keine SI-Einheit und muss durch die Abbildungsfunktion auf eine allgemein verständliche Einheit oder Skala (wie zum Beispiel Pascal oder eine adäquate Dezibel-Skala) übertragen werden. Jedem *dIPpp*-Schalldruckwert steht hierbei auf der SD-Karte des C-PODs ein Speicherplatz von 8 Bit zur Verfügung, weshalb der *dIPpp* Werte zwischen 0 und 255 (ohne Vorzeichenbit und als Ganzzahl) annehmen kann.

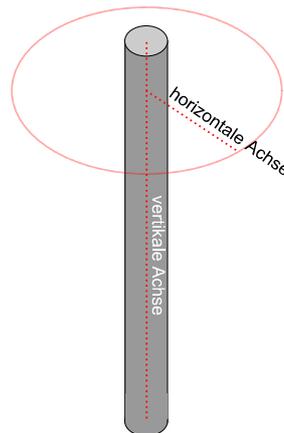
Die C-POD Kalibrierung ist streng genommen keine richtige Kalibrierung, da sie nicht Messabweichung des Gerätes vom normierten Referenz C-POD bestimmt. Stattdessen handelt es sich vielmehr um die Übersetzung, also die Schalldruckabbildungsfunktion, des vom POD aufgezeichneten *dIPpp* Wertes in einen Schalldruckpegel in dB, der zeitgleich von einem geeichten und kalibrierten Hydrophon gemessen wird. Das bedeutet, dass das geeichte und kalibrierte Hydrophon als Referenzgerät dient. Dieser Umstand ist zu großen Teilen der Bau- (fest verbautes Hydrophon) und Arbeitsweise (es werden nur Daten auf Klickebene gespeichert, um schlanke Daten zu gewährleisten, und nicht die zugrundeliegenden akustischen Einzelheiten) eines C-PODs geschuldet. Der Schalldruck wird in einem für Hydroschall typischen Referenzdruck von 1  $\mu$ Pa (dB re 1  $\mu$ Pa) angegeben (DÄHNE u. a., 2013; pers. Mitteilung Anne Hermann). Außerdem wird die horizontale Empfangscharakteristik und die C-POD spezifische Schalldruckpegelgrenze bestimmt, ab der ein individueller C-POD nur noch 50 % der gesendeten Klicklaute detektiert und loggt. Damit können gerätespezifische Unterschiede sowie Sensitivitätsänderungen eines Gerätes im Laufe seiner Einsatzphase bestimmt werden.

### Exkurs – 50 %-Schwelle

Jedes elektronische akustische Gerät (wie auch jeder biologische Empfänger) besitzt eine sogenannte Detektionsschwelle, bei der das interne, durch die Elektronik-Bauteile (oder biologisch) bedingte, Rauschen einen ebenso hohen Schalldruckpegel hat wie der ankommende Schalldruckpegel eines zu hörenden Geräuschs. Ist also das Geräusch zu leise und hebt sich dadurch nicht mehr von dem internen Rauschen des Messgeräts ab, kann das Geräusch nicht festgestellt werden. Es wird also „überhört“, weil sein Schalldruckpegel zu gering ist. Diese Grenze ist nicht abrupt sondern vielmehr fließend, da das interne Rauschen fluktuiert. Es kann also passieren, dass ein Geräusch mit einem bestimmten Schalldruckpegel zum Zeitpunkt  $t_a$  „gehört“ wird, nicht aber zum Zeitpunkt  $t_b$ . Die 50 %-Schwelle eines C-PODs beschreibt somit den Schalldruckpegel, bei dem ein Klicklaut einer bestimmten Frequenz in 50 % der Fälle noch „gehört“ wird.

## 5.3 Ziel der Kalibrierung

Ziel der Kalibrierungen ist es, die C-POD- und frequenzspezifische Abbildung des internen 8 Bit-Wertes des Schalldruckpegels auf eine dB re 1  $\mu$ Pa-Skala, sowie die respektive 50 %-Schwelle zu ermitteln. Darüber hinaus wird auch die horizontale Empfangscharakteristik der C-PODs bestimmt, also die richtungsabhängige Sensitivität des C-POD-internen Hydrophons abhängig vom Schalleinfallswinkel auf der horizontalen Ebene um die vertikale Achse des C-PODs (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Kalibrierungsebene**

Erklärung: Die gerichtete Empfangscharakteristik eines C-PODs wird auf der horizontalen Ebene an vier Messpunkten bestimmt.

### Exkurs – C-POD interne Abbildung des Schalldrucks

Intern zeichnet der C-POD zu jedem Klicklaut einen Schalldruck, den dIPpp-Wert, auf. Dieser Schalldruck wird in einer unreferenzierten 8 Bit-Skala gespeichert, also in Werten von 0 bis 255. Liest man nun die auf der SD-Karte gespeicherten Daten des C-PODs aus, so kann zunächst nicht nachvollzogen werden, was zum Beispiel mit einem dIPpp von 50 gemeint ist. Aus diesem Grund wird der C-POD beim Kalibrieren mit Klicklauten bekannter Schalldruckpegel beschallt, um anschließend die dIPpp-Werte einem tatsächlichen Schalldruckpegel auf einer dB re 1  $\mu$ Pa-Skala zuzuordnen zu können. Wiederholt man diesen Vorgang häufig genug, so können die gewonnenen Daten dazu verwendet werden, um einen dIPpp-Wert von 50 in die für uns verständlichere Schalldruckpegel-Skala von dB re 1  $\mu$ Pa umzurechnen. Für den C-POD „2113“ entspricht nach Auswertung der Kalibrierungsergebnisse, zum Beispiel ein dIPpp-Schalldruckwert von 50 bei einer Frequenz von 130 kHz tatsächlich einem ankommenden Schalldruckpegel von 129,0 dB re 1  $\mu$ Pa.

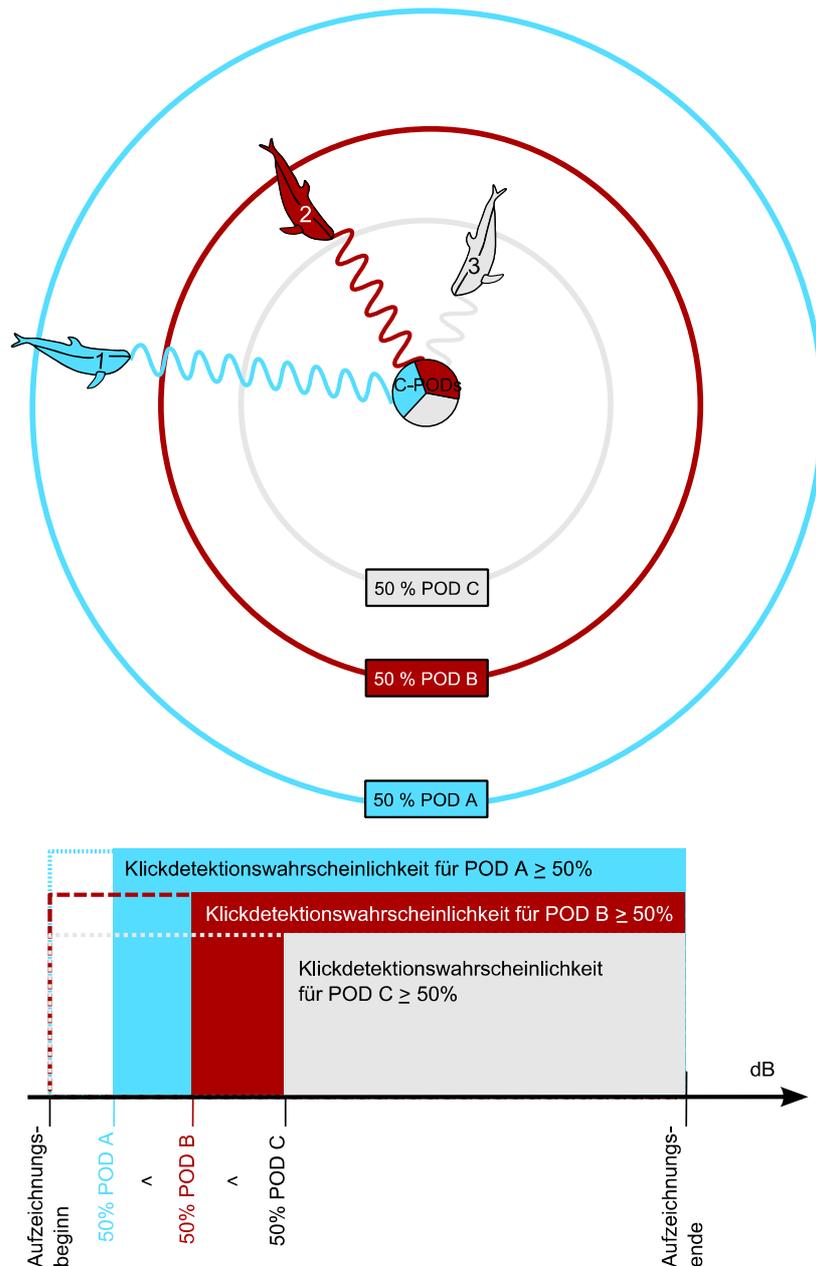
## 5.4 Einbindung der Kalibrierungsergebnisse in die Datenauswertung – Ziele und Fragestellungen

Um die Datengüte einer Messreihe zu gewährleisten, können verschiedene Ansätze umgesetzt und kombiniert werden. Ein erster und grundlegender Ansatz stellt das Verwerfen zweifelhafter Datensätze dar. Datensätze können aus sehr verschiedenen Gründen angezweifelt werden, hier jedoch werden ausschließlich solche angesprochen, die in der technischen Natur der Messgeräte begründet sind. Im Falle der C-PODs ist dies durch die Charakteristik des Hydrophons, die verbaute Elektronik und die zugrunde liegende Eichung bedingt. Laut Chelonia Ltd. repräsentiert nach Eichung ein dIPpp (unreferenzierter Schalldruckwert eines C-PODs) von 12 eine identische Schalldruckamplitude einer Schalldruckwelle (pers. Mitteilung Nick Tregenza; TREGENZA, 2012d, 2012e). Dieses Verhalten wird von Chelonia Ltd. *uniform-scale approach* genannt (pers. Mitteilung Nick Tregenza; TREGENZA, 2012d, 2012e). Damit zeichnen, laut Angaben von Chelonia Ltd., bei einem dIPpp von 12 alle C-PODs gleich auf (persönliche Mitteilung von Nick Tregenza und TREGENZA, 2012d, 2012e). Nach Angaben des Herstellers liegt die tatsächliche 50 %-Schwelle sämtlicher C-PODs unterhalb dieses Wertes (pers. Mitteilung Nick Tregenza; TREGENZA, 2012d, 2012e). Darüberhinaus stellt ein dIPpp von 12 den Aufzeichnungsbeginn von C-PODs der Version 0 dar. Ein Beschneiden der Daten bei einem dIPpp von 12 würde somit zumindest einen identischen Aufzeichnungsbeginn der beiden C-POD-Versionen widerspiegeln und dahingehend die Datengüte bzw. Vergleichbarkeit einer Studie gewährleisten. Chelonia Ltd. empfiehlt ein Beschneiden der Daten ab einem dIPpp von 12 auf Basis des *uniform-scale approach* (pers. Mitteilung Nick Tregenza; TREGENZA, 2012d, 2012e). Ändern sich im Laufe der Zeit jedoch die Sensitivitäten der C-POD-internen-Hydrophone, so wäre diese Begründung nicht mehr gewährleistet. Um diesem Umstand gerecht zu werden, müssen, zusätzlich zur Eichung, regelmäßig überprüfte C-POD-spezifische Werte berücksichtigt werden, wie sie zum Beispiel durch die Kalibrierungen gewonnen werden.

Das übergeordnete Ziel der Einbindung der Kalibrierungsdaten in die Auswertung ist die Vergleichbarkeit zwischen Datensätzen über Raum und Zeit. Hierbei können zwei grundlegend verschiedene Ansätze verfolgt werden:

1. „**Detektionsschwelle**“ - Gewährleistung der Datengüte bzw. Vergleichbarkeit der Daten hinsichtlich der Hydrophonempfangscharakteristik der PODs:

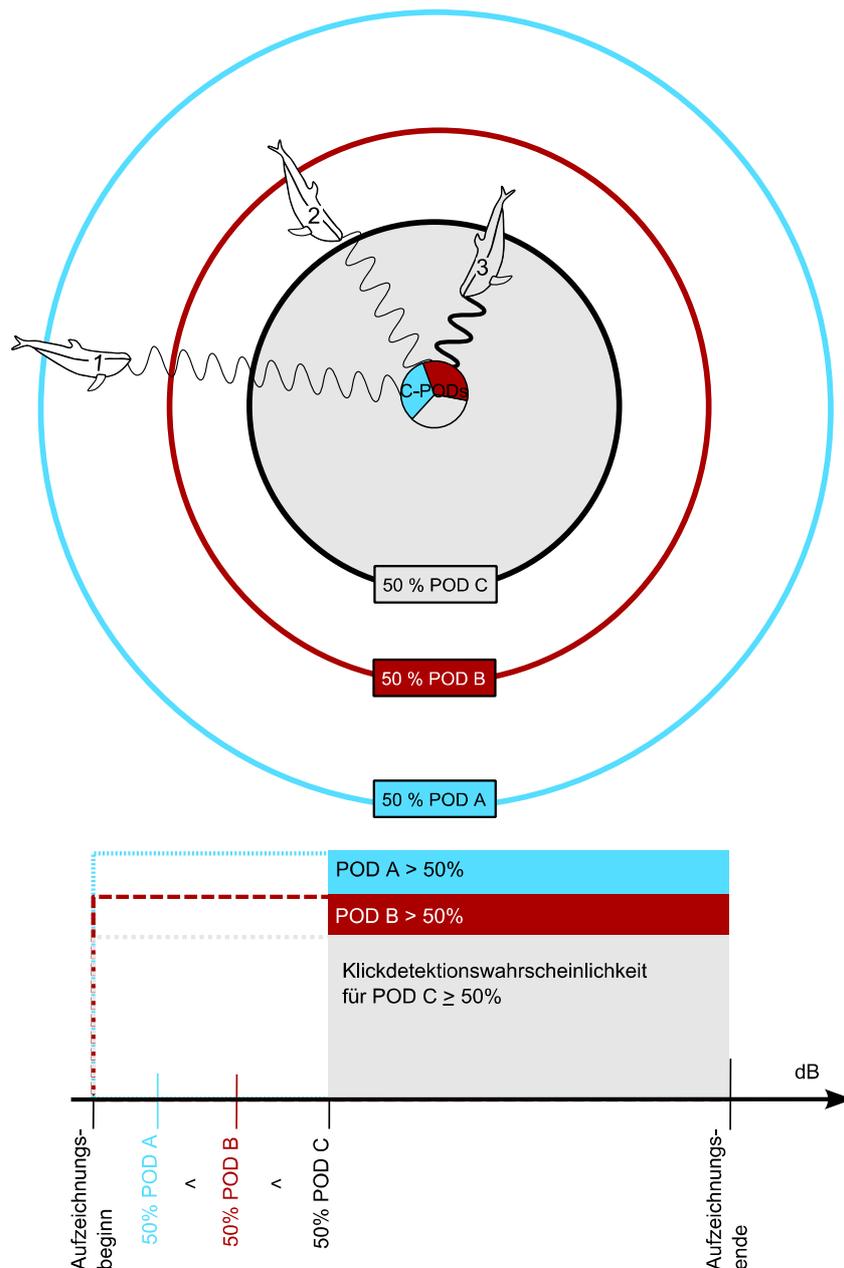
Nur Daten, die für jeden einzelnen C-POD oberhalb seiner eigenen 50 %-Schwelle liegen, werden in die Auswertung einbezogen: Es würden somit nur Daten in die Auswertung einfließen, bei denen die durch den empfangenen Schalldruckpegel bedingte Detektionswahrscheinlichkeit bei größer oder gleich 50 % liegt.



**Abbildung 3: Visualisierung des Prinzips „Detektionsschwelle“**

Eine beispielhafte Darstellung des Prinzips „Detektionsschwelle“ ist in Abbildung 3 zu sehen. „Schwimmt“ ein Wal (farbige Wale mit Nummerierung) „über die 50 %-Schwelle eines C-PODs“ (farbige Kreise), so wird der Wal (d.h. ein vom entsprechenden Wal ausgesendeter Klick) vom jeweiligen C-POD in 50 % der Fälle erkannt (Abbildung 3 oben): Ein Klick des blauen Wals Nummer 1 wird in größer oder gleich 50 % der Fälle vom blauen C-POD A berücksichtigt, C-PODs B (rot) und C (grau) registrieren den entsprechenden Klick jedoch nicht. Der rote Wal Nummer 2 wird in größer oder gleich 50 % der Fälle von C-POD A und C-POD B berücksichtigt, nicht aber von C-POD C. Ein Klick des grauen Wals Nummer 3 wird in größer oder gleich 50 % der Fälle von C-POD C registriert und mit höherer Wahrscheinlichkeit von den beiden anderen C-PODs. All dies muss unter der Annahme verstanden werden, dass alle drei Wale Klicks mit dem gleichen Schall-

druckpegel und direkt i. R. C-POD aussenden (Abbildung 3 oben) <sup>1</sup>. Der am C-POD ankommende Schalldruckpegel des Klicks ist daher bei weiter entfernten Tieren geringer. Bildlich gesprochen wird je nach Sensitivität des PODs eine unterschiedlich große Fläche/Volumen nach Walklicks „abgehört“. Dabei werden nur Klicks berücksichtigt, die eine bestimmte „Lautstärke“ besitzen und damit mit einer Wahrscheinlichkeit von größer oder gleich 50 % von dem jeweiligen C-POD detektiert werden, was die Güte der Daten gewährleistet: Klicks, die einen SPL größer oder gleich der C-POD-spezifischen 50 %-Schwelle aufweisen, werden berücksichtigt, leisere Klicks verworfen (Abbildung 3 unten). Die 50 %-Schwelle an der sich orientiert wird, wird hierbei aus den Kalibrierungsprotokollen entnommen.



**Abbildung 4: Visualisierung des Prinzips „Erfassungs-SPL“**

<sup>1</sup> Ferner muss gelten, dass die Wassertiefe an der Messposition wesentlich kleiner ist als der effektive Detektionsradius (Verhältnis minimal 1:3 geschätzt, sonst wird diese Gleichung zu einem dreidimensionalen Problem, bei dem Detektionsvolumina bestimmt werden müssen) und alle C-PODs absolut vertikal ausgerichtet sind

2. „**Erfassungs-SPL**“ - Normierung des Schalldruckpegels ab dem geloggte Daten in die Auswertung einbezogen werden. Dieser Schalldruckpegel wird durch die 50 %-Schwelle des unsensitivsten C-PODs einer Studie (Abbildung 4 unten) oder durch einen global festgelegten Schwellenwert erhalten:

Dies kann bildlich als Normierung des Erfassungsradius verstanden werden (Abbildung 4 oben), pro Studie oder global, in dem die C-PODs einen, mit einem bestimmten Schalldruckpegel ausgesandten Walklick aufnehmen. Alle C-PODs einer Studie würden somit unter identischen Rahmenbedingungen (Salinität, Wassertemperatur, C-POD-Ausrichtung etc.) „gleich weit hören“, unabhängig von der 50 %-Schwelle der einzelnen Geräte.

Normiert man die Daten einer Studie nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“, so würde von allen drei eingesetzten C-PODs nur noch der graue Wal Nummer 3 berücksichtigt werden (Abbildung 4 oben). Die 50 %-Schwelle an der sich orientiert würde ist im vorliegenden Beispiel die des unsensitivsten C-PODs der Studie, C-POD C. Das heißt, alle C-POD-Daten würden auf Grundlage der Detektionsschwelle des unsensitivsten C-PODs C gefiltert werden (Abbildung 4). Damit wäre gewährleistet, dass sämtliche verwendeten C-PODs „gleich weit hören“, also vergleichbar viele Walklicks registrieren. Sie liefern damit einen vergleichbaren Schnappschuss der tatsächlichen Schweinswalaktivität innerhalb einer Studie (Abbildung 4). Um eine studienübergreifende Vergleichbarkeit zu gewährleisten kann alternativ auch ein globaler Richtwert verwendet werden.

#### 5.4.1 Pro und Contra – Welcher Ansatz ist der Bessere?

Beide Herangehensweisen zum Einbeziehen der Kalibrierungsergebnisse in die Datenauswertung haben intrinsische Vor- und Nachteile und eine Bevorzugung des einen oder anderen Ansatzes ist nicht intuitiv zu begründen.

Im Falle des ersten Ansatzes, Prinzip „Detektionsschwelle“ zur Vereinheitlichung der Detektionswahrscheinlichkeit, wird sichergestellt, dass sämtliche von den C-PODs gelieferten Daten oberhalb der C-POD-spezifischen 50 %-Schwelle liegen. Damit ist die Güte aller Datensätze vergleichbar. Es geht hierbei jedoch nicht die unterschiedliche Sensitivität zwischen den C-PODs in die Filterung mit ein. Dies bedeutet, dass ein geloggtter Schweinswalklicklaut mit einem Schalldruckpegel von  $p$  vom sensitiveren C-POD A in die Auswertung einfließen würde, nicht aber vom weniger sensitiven C-POD B (vgl. Abbildung 3), wenn der Schalldruck  $p$  kleiner als die 50 %-Schwelle von B ist. Das wiederum hat zur Folge, dass der Einbezug eines Schweinswalklicklautes in die Auswertung abhängig ist vom jeweiligen C-POD.

Eine Umgehung dieses Problems stellt die Umsetzung des zweiten Ansatzes zur Normierung des „Erfassungs-SPL“ dar: Hierbei wird sich pro Studie an dem unsensitivsten C-POD oder an einem globalen Richtwert orientiert. Sämtliche Daten die unterhalb des so erhaltenen Schwellenwertes liegen, werden somit verworfen und nicht in die Auswertung mit einbezogen. Angenommen von zwei C-PODs A und B wäre nun der unsensitivere C-POD B das Maß der Dinge, so würde konsequenterweise in beiden Fällen der Schweinswalklicklaut mit Schalldruckpegel  $p$  verworfen, da dieser nicht die geforderte Voraussetzung erfüllte, für beide C-PODs oberhalb deren 50 %-Schwelle zu liegen. Dieses Vorgehen entspräche bildlich gesehen der Normierung des „Hörradius“ in dem die C-PODs Schweinswalklicklaute detektieren. Der große Nachteil dabei ist, dass bei sehr unterschiedlichen C-POD-Sensitivitäten viele Datensätze verworfen werden müssen, die separat betrachtet eine ausrei-

chende Güte besäßen. Auch muss darauf hingewiesen werden, dass ein sensitiverer C-POD A an der 50 %-Schwelle des unsensitiveren C-POD B bereits mehr als 50 % der Schweinswalklicklaute detektieren kann. Wie viel höher die Detektionswahrscheinlichkeit jedoch ist, lässt sich nicht bestimmen, da die Detektionsfunktion nicht bekannt und auf Basis der Kalibrierungsergebnisse nicht abschätzbar ist.

## 5.5 Relevanz der Kalibrierungsergebnisse für die Auswertung

Da die Einbindung der Kalibrierungsergebnisse auf Klick- oder Trainebene (Definitionen siehe Abschnitt 2.1) ansetzt, stellt sich die Frage, ob die Kalibrierungsdaten einen Einfluss auf die Beantwortung ökologischer Fragestellungen besitzen. Denn für die Auswertung hinsichtlich der Aktivitätsdichte von Schweinswalen in bestimmten Zeiträumen, werden nicht die Daten auf Klick- oder Trainebene betrachtet, sondern zumeist in Form von „Schweinswal-positiven-(10) Minuten“ pro Zeiteinheit (Definition siehe Abschnitt 2.1). Wird nun durch das Berücksichtigen der Kalibrierungsdaten der eine oder andere Klick/ Train verworfen, muss dies jedoch nicht zwingend eine Auswirkung auf Schweinswal-positiven-(10-)Minuten haben. Die relevante erklärende Variable ändert sich somit nicht zwangsläufig. Daher wird in diesem Bericht auch der Einfluss der Kalibrierungsergebnisse auf die Datenlage mit größerer Auflösung und damit auf die Güte der Aussage hin untersucht.

Bei Umweltverträglichkeitsuntersuchungen wird immer nach Unterschieden zwischen Gebieten und Zeiträumen im Aufkommen von Schweinswalen oder einem anderen Schutzgut, Änderung von Verhaltensweisen o.ä. gefragt. Diese Fragestellungen verlangen danach ‚aufwandsbereinigte‘ Daten zu verwenden, um unterschiedliche Gebiete und Datenerhebungen miteinander vergleichen zu können. Im leichter zugänglichen Bereich der Flugzählungen heißt dies, dass Unterschiede z.B. in der Detektionswahrscheinlichkeit von Schweinswalen mit Entfernung von der Grundlinie durch die Anwendung einer Detektionsfunktion ausgeglichen werden müssen. Die Detektionsfunktion und die damit einhergehende effektive Streifenbreite, an der genauso viele Tiere innerhalb des Streifens verpasst (nicht gesehen) werden, wie außerhalb des Streifens zusätzlich gesehen werden, ist zum Beispiel von diversen Umweltvariablen abhängig (z.B. Seegang, Sonnenstand, Observer, Blickrichtung, etc.): So wird die effektive Streifenbreite mit zunehmendem Seegang immer geringer.

Beim statisch akustischen Monitoring beeinflussen ebenfalls viele Variablen die Detektionsfunktion eines Messgerätes: Wassertiefe, Sensitivität des Messgerätes, Umgebungsrauschen in unterschiedlichen Frequenzbereichen (unterschiedlich für Sedimenttransport, Windgeräusche, Echolote, Sonare, usw.), Wassertemperatur und –tiefe, sowie Salinität, eventuell Schwebstoffanteil und Luftblasenanteil (beeinflussen die Schallgeschwindigkeit und Absorption im Wasser), Ausbringung des Messgerätes in unterschiedlichen Wassertiefen und eventuell weitere noch unbekannte Faktoren. Von diesen wichtigen Faktoren ist Sensitivität des Messgerätes derzeit eine der wenigen Einflussfaktoren, die wir direkt messen und in eine Analyse einfließen lassen können (vergleichbar zum Seegang bei Flugzeugetfahrungen). Es ist jedoch sehr unklar, aufgrund fehlender Studien, welcher dieser Faktoren einen Einfluss auf die Ergebnisse ausübt und damit bevorzugt in die Auswertung miteinbezogen werden sollte. Als Beispiel: Ein C-POD A der eine 6 dB höhere Detektionsschwelle hat als C-POD B, also nur halb so sensitiv ist, zeichnet höchstwahrscheinlich Schweinswalklicks in einer sehr viel geringeren maximalen Distanz auf. Der Musteralgorithmus von cpod.exe zur Klassifizierung von Klicklauten (wie wahrscheinlich ein Klick von einer gewissen Art oder Artgruppe stammt) berücksichtigt allerdings die Amplitude des ankommenden Klicks, also das receiving level: Leisere Klicks werden weniger wahrscheinlich Schweinswalen zugeordnet als lautere. Aufgrund dieses Umstandes muss die effektive Detektionsdistanz des C-POD B, bei ansonsten absolut identischen Umgebungsvariablen, nicht automatisch doppelt so groß sein, wie die von POD A. D.h. der effektive Detektionradius von zwei Geräten mit

6 dB differierendem 50 %-Schwellenwert kann, bedingt durch den Algorithmus in cpod.exe, dicht beieinander liegen. Trotzdem sollte dieser Zusammenhang systematisch sein.

Im vorliegenden Bericht wird zunächst die Einbindung der Kalibrierungsdaten auf Basis der Trainebene mit der Einbindung auf Klickebene verglichen und beide Vorgehensweisen detailliert vorgestellt. Idealerweise würden die Kalibrierungsdaten selbstverständlich ausschließlich bereits auf Klickebene berücksichtigt werden. Aufgrund der Unwirtschaftlichkeit dieses Ansatzes und der vergleichbaren Ergebnisse beim Einbinden der Kalibrierungsergebnisse auf Trainebene (eigene Auswertungen sowie pers. Mitteilung Nick Tregenza), wird im weiteren Verlauf dieses Berichts insbesondere auf die Filterung der Daten auf Trainebene eingegangen.

## 5.6 Verfügbare Größen und Komponenten – eine Evaluation

Im folgenden Abschnitt werden die verfügbaren Variablen und Komponenten zum Einbinden der Kalibrierungsergebnisse in die Datenauswertung vorgestellt.

### 5.6.1 C-POD – Akustische Kenngrößen und Versionsunterschiede

Zwischen den C-POD Versionen V0 und V1 (C-POD 1 bis 488: 20 bis 145 kHz bzw. C-POD 489 und höher: 20 bis 160 kHz (TREGENZA, 2013)) gibt es Unterschiede, ab wann ein Geräusch nicht mehr gehört bzw. nicht mehr mitgeloggt wird (TREGENZA, 2012d). C-PODs der ersten Generation, V0, zeichnen softwarebedingt keine Geräusche auf mit einem unreferenzierten Schalldruck von kleiner als 12 (TREGENZA, 2012c). Geräte der zweiten Generation V1 hingegen haben die interne Aufzeichnungsgrenze auf 3 reduziert (TREGENZA, 2012c). Diese liegt damit unter der eigentlichen internen Rauschgrenze von 8 (TREGENZA, 2012c). Die minimale Aufzeichnungsgrenze lässt sich jedoch in den Settings der C-POD-SD-Karten festlegen. Uns ist jedoch keine von einem Planungsbüro durchgeführte Studie bekannt in der hiervon Gebrauch gemacht wurde. Die von Chelonia Ltd. empfohlene Datenbeschnittungsgrenze zur Gewährleistung der Datengüte ist versionsübergreifend der Wert 12 (*uniform scale approach*) auf der dIPpp-Skala (unreferenzierten C-POD 8 Bit-Schalldruckskala) (TREGENZA, 2012c, 2012d, 2012e).

Die Eichung des maximalen Schalldrucks (dIPpp), den die C-PODs bei einer ankommenden Schalldruckwelle aufzeichnen, erfolgt korrigiert nach Temperatur und über die radialen Unterschiede gemittelt für eine Frequenz von 130 kHz (TREGENZA, 2012c). Dabei wird darauf geachtet, dass der gemessene Schalldruck, auf der dIPpp-Skala, nur 5 % von dem Standard bei 130 kHz für die geeichten C-PODs abweicht, was in etwa einer Abweichung von 0,5 dB re 1  $\mu$ Pa entsprechen sollte (TREGENZA, 2012c).

Die horizontale Variation ist wesentlich ausgeprägter als der mittlere Sensitivitätsunterschied und beträgt bei 130 kHz laut Angaben des Herstellers weniger als 3 dB re 1  $\mu$ Pa (TREGENZA, 2012c). Vom Hersteller werden die C-PODs also geeicht, d.h. ein Gerät wird auf eine vordefinierte Empfindlichkeit bei einer einzigen Frequenz eingestellt. Die Genauigkeitsangaben sind dabei theoretischer Natur. Z.B. bedeutet 5 % Abweichung bei einem Empfangswert von 50 eine zulässige Abweichung von +/- 2,5 Bit. Da es sich hierbei ausschließlich um Integerwerte (Ganzzahlen) handelt, ist eine Schwankung von 47-53 (oder 48-52) laut Hersteller akzeptabel. D.h., wenn die Werte laut Dähne u. a. (2013) in Dezibel umgewandelt werden entsteht eine Spanne von 125,4 dB re 1  $\mu$ Pa bis 126,5 dB re 1  $\mu$ Pa. Es ist somit eine Schwankung von ca. +/- 0.5 dB zu erwarten. Diese beinhaltet keinerlei Messunsicherheiten (Platzierung des Messgerätes, Genauigkeit der Messkette usw.) sondern ergibt sich aus einer theoretischen vordefinierten Genauigkeitsanforderung – dementsprechend ist das Verfahren des Herstellers

als Eichung und nicht als Kalibrierung zu verstehen, denn die angegebenen Genauigkeiten sind keine absoluten Messfehler.

## 5.6.2 cpod.exe – Informationen aus der Rohdatenprozessierung

Der erste Schritt nach dem Aufzeichnen der Daten auf der SD-Karte des C-PODs ist das Auslesen dieser Daten sowie deren Prozessierung und Klassifizierung mit Hilfe der Software cpod.exe. Angaben zu Schalldruck etc. lassen sich sowohl auf Klick- als auch auf Trainebene über die Funktionen „Klick-details“ bzw. „Train-details“ exportieren. Eine Auflösung auf Klickebene erzeugt allerdings riesige Datenmengen, deren Informationen zwar bei der Kalibrierung des DMM benötigt werden, nicht jedoch bei der Auswertung der C-POD-Daten hinsichtlich ökologischer Fragestellungen. Aus diesem Grund wird für letztere Anwendung als genaueste Informationsauflösung die Trainebene verwendet. Tabelle 1 (erstellt frei nach den Erklärungen in TREGENZA (2012a)) gibt eine Übersicht über, für die Einbindung der Kalibrierungsergebnisse in die statistische Auswertung, relevante Größen auf Trainebene. Möchte man direkt auf Klickebene eine Datenmodifizierung (z.B. eine adaptive Filterung der minimal aufgezeichneten ganzzahligen Schalldruckwerte vornehmen, so muss dies bereits in cpod.exe vor der Prozessierung von \*.CP1- zu \*.CP3-Dateien geschehen (persönliche Mitteilung von Nick Tregenza) oder auf Basis der Klickdetails. Beide Varianten der Einbindung von Kalibrierungsdaten auf Klickebene würden eine Neuprozessierung sämtlicher bereits vorhandener Schweinswaldatensätze nach sich ziehen.

**Tabelle 1: Wichtige Train-Variablen, ihre Aussage und Einheiten im \*.CP3- und \*.txt-File der von cpod.exe prozessierten Daten**

Variablenname	Aussage	Einheit	Erläuterung
avSPL	Gemittelte Rohdaten peak-peak Amplitude (Schalldruck) über eine definierte Klickanzahl oder die Länge des gesamten Trains	8 Bit-Skala mit Integer Werten von 0 bis 255: unreferenziert	Gemittelt über alle Klicks eines Trains und ggf. spezifizierte maximale Klickanzahl: Default kein Limit angegeben – d.h. über gesamten Train
MaxSPL	Peak-peak Amplitude des lautesten Klicks in einem Train	8 Bit-Skala mit Integer Werten von 0 bis 255: unreferenziert	
Frangef	Frequenzbereich eines Trains	kHz	$ f_{max} - f_{min} $ (Differenz der maximalen und minimalen Frequenz aller Klicks eines Trains)
avEndF	Mittelwert der Frequenzen der letzten Klicks eines Trains	kHz	
MinF	Minimalwert der Frequenz der Klicks eines Trains	kHz	
MaxF	Maximalwert der Frequenz der Klicks eines Trains	kHz	
avNcyc	Mittlere Anzahl an Zyklen pro Klick und Trains	Integer ohne Einheit	Hier bezieht sich „Zyklus“ auf eine abgeschlossene sinusförmige Welle; Ein Klick mit 15 Zyklen hat 15 abgeschlossene sinusförmige Schwingungen (15 Täler und 15 Berge)
maxNcyc	Maximale Anzahl an Zyklen eines Klicks eines Trains	Integer ohne Einheit	

Erläuterung: Angaben laut Chelonia Ltd.

Zur Prüfung der Daten, können die Rohdaten (CP1-Dateien) visualisiert werden, d.h. sie werden nach ihrem dIPpp-Wert, ihrer Frequenz, dem Interklickintervall, der Klickrate u.v.m. in gewünschter zeitlicher Auflösung (einigen Tage bis wenige Millisekunden) dargestellt. Die Eigenschaften, der während der Prozessierung erstellten Trains, können ebenfalls gesondert angezeigt werden (Qualitätsklasse und Quelle, d.h. Art bzw. Artgruppe). Um Feinheiten innerhalb einer Serie von Klicks zu erkennen, empfiehlt es sich eine hohe zeitliche Auflösung und geeignete Filter zu verwenden, damit nicht relevante Frequenzbänder oder Geräusche unterhalb einer bestimmten Lautstärke aus der Betrachtung ausgeschlossen werden. Diese Funktionalität gibt es bereits in den ersten Versionen der cpod.exe (V.0.063 vom 19. Okt. 2008). Sie wurde seit Version 1.003 (vom 12. Mai 2009) erweitert, um Daten von C-PODs der Versionen 0 mit denen der Version 1 vergleichbar zu machen, da sich diese hinsichtlich der aufgezeichneten Frequenzen (20 bis 145 bzw. 20 bis 160 kHz) und der minimalen Lautstärke (dIPpp 12 bzw. 8) unterscheiden. Dieses Feature kann darüber hinaus genutzt werden, um die Kalibrierungsergebnisse in die Prozessierung einfließen zu lassen. Hierfür wird pro C-POD der dIPpp-Wert berechnet, der dem Schalldruckpegel (in Dezibel) des gewünschten Schwellenwertes entspricht.

Die Filterung nach Schalldruck funktionierte im Gegensatz zu den anderen Filtergrößen in den früheren Versionen von cpod.exe nicht. Dieser Umstand wurde im Rahmen der Arbeit an diesem Bericht von Marco Gauger aufgedeckt, Nick Tregenza (Chelonia Ltd.) gemeldet und das Bug in einer neuen Version von cpod.exe (Version 2.043) behoben.

### **5.6.3 PODIS – Sinnvolle Variablen auf verschiedenen Ebenen der Datenbank**

Sämtliche Variablen in vom cpod.exe exportierten \*.txt File des Train Details Exportes (Tabelle 1) sind ebenso in der POD-Datenbank von PODIS (KLÜVER, 2011) in der Tabelle „*dbo.train*“ zu finden und im PODIS-Datenexport der Datei „PODReport.mdb“ mit inbegriffen. Ebenso integriert sind die Variablen in der vorgefertigten Sicht „*UsedTraindetails*“, die sämtliche *traindetails* bereits nach der Güte selektiert auflistet. In allen darauf aufbauenden Sichten mit größerer Datenauflösung sind diese Details nicht vorhanden, da eine Aufschlüsselung dieser Größen nach Minuten- oder 10 Minuten-Intervallen nicht sinnvoll wäre.

Vorhandene und wünschenswerte Einbindungsmöglichkeiten von Kalibrierungsdaten in PODIS und die zugrunde liegende Datenbankstruktur sollen an dieser Stelle nicht erläutert werden, da sie noch keine Anwendung finden. Lösungsvorschläge und Überlegungen hierfür werden im Abschnitt „Ausblick“ diskutiert.

### **5.6.4 Kalibrierungsprotokolle – eine Erklärung**

Die vom DMM gelieferten Kalibrierungsprotokolle bestehen aus einer PDF-Datei mit graphisch dargestellten Kalibrierungsergebnissen und einer Excel-Datei mit den Kalibrierungsdaten in tabellarischer Form. Auch bei der Excel Datei handelt es sich nicht um die Rohdaten, sondern um eine bereits sinnvoll aufbereitete Form der Kalibrierungsergebnisse.

CPOD 456 Kal 324		Ppp 8 Bit @ 100 kHz				Ppp 8 Bit @ 110 kHz					
	dB	0°	90°	180°	270°	dB	0°	90°	180°	270°	dB
2											
3	134,9	194,3	196,8	190,4	198,9	133,8	146,3	147,2	146,9	151,8	132
4	131,9	137,1	139,2	133,7	140,2	130,8	103,4	104	104,2	104,8	129
5	128,9	96,5	98	95	98,8	127,8	73,4	73,6	73,3	75,3	126
6	126,9	76,2	77,4	74,7	78,3	125,8	58	58,2	58	59,7	124
7	124,9	60,8	61,4	58,9	61,5	123,8	46,2	46,6	45,9	46	122
8	122,9	48,2	48,9	46,3	48,8	121,8	36,8	36,5	36	38	120
9	120,9	37,7	38,1	36,3	37,7	119,8	29,3	29,1	29,1	30,5	118
10	118,9	29,5	29,7	29	29,7	117,8	22,9	23,1	22,6	23,6	116
11	116,9	23,3	23,7	22,6	23,7	115,8	18,4	18,1	18,1	19,6	114
12	114,9	18,2	19	18,3	18,8	113,8	15,8	15,7	16,1	16,5	112
13	112,9	15,8	15,8	15,5	15,9	111,8	15,6	15	15	15,6	110
14	110,9	15	15,6	16	15,3	109,8	15,4	14,2	14,5	15,4	108
15	108,9	17,4	14,8	14	14,5	107,8	13	14	-	15	0
16	106,9	14	-	-	-	0	-	-	-	-	0
17	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
18	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
19	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
20	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
21	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
22	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
CPOD 464 Kal 324		Ppp 8 Bit @ 100 kHz				Ppp 8 Bit @ 110 kHz					
	dB	0°	90°	180°	270°	dB	0°	90°	180°	270°	dB
23											
24	134,9	126,7	135,4	154,1	167,4	133,8	117,4	120,4	152,9	158,1	132

CPOD 456 Kal 324		50 50 Threshold in Receiving level					mean
	Frequency	0°	90°	180°	270°		
2							
3							
4	100	112,6	112,1	111,7	111,7		
5	110	114,3	114,1	113,3	112,8		
6	120	114,6	113,6	116	113,9		
7	130	116,1	117,4	118,5	118,9		
8	140	120,6	123,8	124,8	122,3		
CPOD 464 Kal 324		50 50 Threshold in Receiving level					mean
	Frequency	0°	90°	180°	270°		
9							
10							
11							
12	100	114,6	114,2	113	112,5		
13	110	114,2	114	111,8	111,4		
14	120	112,1	112,1	110,9	111,3		
15	130	114,5	114,1	112,7	113,6		
16	140	120,1	118,5	116,7	118,5		
CPOD 957 Kal 324		50 50 Threshold in Receiving level					mean
	Frequency	0°	90°	180°	270°		
17							
18							
19							
20	100	115,8	114,2	116,3	119,1		
21	110	115,3	114,8	115,2	115,1		
22	120	112,2	112,5	113,3	113,1		
23	130	115,6	115,3	116,2	116,6		
24	140	120,2	119,2	116,6	116,1		

Abbildung 5: Screenshot eines C-POD-Kalibrierungsprotokolls des DMM – Ausschnitt aus den Tabellenblättern dIPpp in Dezibel Übersetzung (links) und 50 %-Schwelle (rechts)

In der Excel Datei sind vier Tabellenblätter enthalten in denen je nach Auftrag die Eckdaten für einen oder mehrere C-PODs thematisch dargestellt sind (Abbildung 5). Das Tabellenblatt „POD ID“ schlüsselt die kalibrierten C-PODs nach ihrer individuellen eindeutigen C-POD-Identifikationsnummer auf, zusammen mit der auftraggebenden Institution, dem Datum der Kalibrierungsdurchführung sowie der vom DMM vergebenen Kalibrierungs-ID (Kal). Die horizontalen Empfangscharakteristika der C-PODs (also die schalleinfallswinkelabhängigen Sensitivitätsunterschiede des verbauten Hydrophons in der horizontalen Ebene um die vertikale Achse des C-PODs), abhängig vom Winkel und der Frequenz der ankommenden Schallwelle, sind im Tabellenblatt „Horizontale Kalibrierung“ dargestellt. Das Tabellenblatt „Ppp\_zu\_dB\_Verhältnis“ (Abbildung 5 links) enthält die gemessenen dIPpp-Werte (unreferenzierte *Peak-to-peak*-Schalldruckwerte auf der 8 Bit-Skala des C-PODs) bei bekanntem *receiving level* in dB re 1 µPa pp abhängig von der Frequenz. Die 50 %-Schwelle, also jene Schwelle bei der ein C-POD nur noch 50 % aller Klicks eines bestimmten Schalldruckpegels und Frequenz wahrnimmt, ist im Tabellenblatt „50 50-Threshold“ in Abhängigkeit vom Winkel aufbereitet (Abbildung 5 rechts). Diese Werte lagen je nach Protokoll als arithmetisch gemittelte Werte oder als Median vor. Nach Anfordern einer vergleichbaren Darstellungsweise wurden die Kalibrierungsprotokolle sämtlicher C-PODs in der Mittelwertdarstellung geliefert. Ferner wurden bei einem Kalibrierungsprotokoll zu C-POD76 mit Kalibrierungs-ID 203 nur 8 anstatt 16 Schalleinfallswinkel untersucht, weshalb dieser spezielle C-POD aus den Analysen ausgeschlossen wurde.

Kritisch zu betrachten sind sowohl die Bestimmung der 50 %-Schwellenwerte, bedingt durch den Kalibrierungsaufbau (DÄHNE u. a., 2013) und Aufzeichnungsbeginn verschiedener C-POD-Versionen als auch die Untersuchung der Direktionalität in der horizontalen Ebene bei nur vier Messpunkten.

## 5.7 Einbindung der Kalibrierungsergebnisse – die Umsetzung

Bevor die Kalibrierungsergebnisse in die Datenauswertung eingebunden werden können, muss die Art der Einbindung gewählt und eine Auswahl der zu verwendenden Variablen getroffen werden. Hier werden deshalb die Vorgehensweisen der Datenaufbereitung für beide Ansätze der Kalibrierungsberücksichtigung sowie die Einbindung C-POD spezifischer Kenngrößen in die statistische Datenauswertung vorgestellt.

### 5.7.1 Kalibrierungsergebnisse – Aufbereitung in verwendbare Größen

Alle folgenden Vorgehensweisen und Überlegungen zur Datenaufbereitung der Kalibrierungsprotokolle beziehen sich exemplarisch auf eine für Schweinswale relevante Frequenz von 130 kHz. Diese Vereinfachung wurde aus mehreren Gründen gewählt: Zum einen können die einzelnen Klicks auf Trainebene nicht mehr nach Frequenz unterschieden werden und zum anderen sind die von cpod.exe gelieferten unreferenzierten Schalldruckwerte auf Trainebene ebenfalls nicht frequenzkorrigiert. Darüber hinaus sind sämtliche C-PODs bei einer Frequenz von 130 kHz geeicht. Bei der vorgestellten Einarbeitung der Kalibrierungsergebnisse werden also, sowohl auf Klick- als auch auf Trainebene, nur die Kalibrierungsergebnisse bei 130 kHz berücksichtigt werden. Dies stellt eine erhebliche Einschränkung dar, welche aber, zumindest auf Trainebene, unumgänglich ist.

Sämtliche Umwandlungen und Berechnungen wurden mit R 3.0.0 (R CORE TEAM, 2013) durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden Parser für die Tabellenblätter „Ppp\_zu\_dB\_Verhältnis“ und „50 50 Threshold“ der Kalibrierungsprotokolle geschrieben, um die Kalibrierungsdaten in eine für R verwendbare Form zu bringen.

### 5.7.2 Verschiedene Schwellenwerte und ihre Berechnungen

Bei sämtlichen hier angestellten Überlegungen gilt die Voraussetzung, dass alle Geräte eine hinreichend homogene und gute horizontale Empfangscharakteristik besitzen. Für die Berechnungen der 50 %-Schwellen gilt zudem die Annahme, dass der horizontalen Variation der Sensitivitätsunterschiede durch ausreichend viele Messungen bei der Kalibrierung gerecht wurde. Treffen diese Annahmen nicht zu, so können die Kalibrierungsergebnisse zur 50 %-Schwelle nicht verwendet werden (DÄHNE u. a., 2013). Im Rahmen dieses Berichtes wurden oben genannte Voraussetzungen der Kalibrierungsergebnisse als erfüllt angenommen.

Um die Daten entweder hinsichtlich der Detektionsschwelle oder des Erfassungs-SPL zu normieren, müssen die 50 %-Schwellenwerte aller C-PODs berechnet werden. Für den ersten Fall deshalb, weil je nach C-POD und Lebensabschnitt unterhalb dieser Grenzwerte geloggte Klicks verworfen werden, und für den zweiten Fall, um sämtliche Daten unterhalb des Grenzwertes des unsensitivsten C-PODs zu verwerfen.

In den Kalibrierungsprotokollen ist die 50 %-Schwelle nach Schalleinfallswinkel (in 90° Schritten) in der Horizontalen und nach der Frequenz aufgeschlüsselt. Da sich bereits für die Empfangscharakteristika der C-PODs bei einer Frequenz von 130 kHz entschieden wurde, gilt es hierfür einen 50 %-Schwellenwert oder einen anderen adäquaten Schwellenwert pro C-POD zu ermitteln. Hierbei kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage:

#### 1. uniform scale approach

Dieser Ansatz basiert auf Angaben des Herstellers, nach dessen Aussage sich bei einem unreferenzierten Schalldruck von 12 sämtliche C-PODs identisch verhalten (TREGENZA, 2012c, 2012d, 2012e). Dieser Umstand, der vom Hersteller als „*uniform scale approach*“ bezeichnet wird,

ist allerdings ohne Kalibrierungen nicht nachprüfbar. Bei dieser Variante wird daher nichts berechnet sondern lediglich der C-POD-unreferenzierte Schalldruckwert von 12 pro C-POD als Grenze verstanden, wie von Chelonia vorgeschlagen wird (TREGENZA, 2012c, 2012d, 2012e). Bei einer Änderung der Sensitivität des C-PODs kann diese Variante nicht mehr als Möglichkeit angesehen werden. Streng genommen handelt es sich hierbei also auch nicht um einen tatsächlichen Schwellenwert. Außerdem fällt ein dIPpp von 12 mit dem Aufzeichnungsbeginn von C-PODs der Version 0 zusammen. Ein Beschneiden der Daten bei einem dIPpp von 12 würde somit zumindest einen identischen Aufzeichnungsbeginn der beiden C-POD-Versionen simulieren und dahingehend die Datengüte bzw. Vergleichbarkeit einer Studie gewährleisten.

## 2. Empirische 50 %-Schwelle aus den 50 %-Schwellenwerten des DMM

Die vier vom DMM empirisch ermittelten 50 %-Schwellenwerte (Abbildung 5 rechts) beschreiben die Direktionalität des Hydrophons in seinem akustischen Zentrum in der horizontalen Ebene um die Längsachse des C-PODs (DÄHNE u. a., 2013). Auch wenn diese vier Messpunkte in der horizontalen Ebene keine ausreichende Abtastung der Direktionalität eines C-PODs bei einer definierten Frequenz darstellen, werden drei mögliche Ansätze vorgestellt, wie hieraus ein Schwellenwert erhalten werden könnte. Dabei wird die erste Variante der tatsächlichen Sensitivität des Messgeräts nicht gerecht, da hier z. B. die POD-Rotation im Wasser unberücksichtigt bleibt. Eine Alternative stellen die beiden anderen Varianten dar.

### a) 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel

Bei dieser Variante wird ebenfalls nichts berechnet sondern lediglich der Winkel mit der schlechtesten Empfangscharakteristik (höchster Dezibel-Wert) ausgewählt. Also jener Winkel der bei dem lautesten Schalldruckpegel nur noch 50 % der ankommenden Klicklaute loggt.

Der Vorteil hiervon ist die einfache Auswahl des Wertes aus den bereits vorhandenen Daten ohne vorherige Berechnungen. Der Nachteil hingegen ist, dass ein einzelner Wert mitnichten der Empfangscharakteristik eines C-PODs gerecht wird, denn ein C-POD liegt z.B. nicht starr im Wasser sondern rotiert um seine eigene Längsachse. Ferner stellen die vier aufgezeichneten Messpositionen der horizontalen Empfangscharakteristik keine ausreichende Abtastung der Direktionalität dar. Der unsensitivste Messwinkel entspricht also mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht der schlechtesten horizontalen Empfangscharakteristik eines Gerätes. Dies liegt jedoch in den Kalibrierungen des DMM begründet und sollte hier nicht als Entscheidungskriterium gelten.

### b) Mittlere 50 %-Schwelle

Ein einfacher euklidischer Mittelwert über die als 50 %-Schwelle der jeweiligen Winkel angegebenen Schalldruckpegelwerte in dB re 1 µPa pp. Bei der Berechnung muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Dezibel-Skala logarithmisch ist. Deshalb muss der Schalldruckpegelwert zuerst in den Schalldruck zurückgerechnet, dann gemittelt und anschließend wieder in Dezibel umgerechnet werden. Dies ist mit folgender Formel zu bewerkstelligen:

$$\overline{SPL} = 20 \cdot \lg_{10} \left( \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{SPL_i}{20}} \right) \right) \quad (1)$$

Wobei  $\overline{SPL}$  der mittlere 50 %-Detektionsschwellenpegel in dB re 1µPa pp ist, n die Anzahl der Werte pro Frequenz (also vier Werte für die verwendete Frequenz von 130 kHz, da im Protokoll

vier Winkel aufgeführt sind) und  $SPL_i$  der 50 %-Detektionsschwellenpegel in dB re 1µPa pp bei Winkel  $i$ .

### c) Mittlere 50 %-Schwelle Kreisfläche

Die gemittelte Kreisfläche, die durch die verschiedenen 50 %-Schalldruckpegel pro C-POD und Frequenz aufgespannt wird. Diese lässt sich über die Kreisflächenformel  $A = r^2 \cdot \pi$  wie folgt berechnen:

$$\bar{A} = \frac{\pi}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(10^{\frac{SPL_i}{20}}\right)^2 \quad (2)$$

Wobei  $\bar{A}$  die mittlere Kreisfläche ist,  $\pi$  die Kreiszahl,  $n$  die Anzahl der Winkel und  $SPL_i$  der 50 % Schalldruckpegelwert in dB re 1µPa pp bei Winkel  $i$ . Daraus lässt sich der mittlere Kreisflächenradius  $\overline{SPL_{\bar{A}}}$  berechnen, der  $\bar{A}$  aufspannt:

$$\overline{SPL_{\bar{A}}} = 20 \cdot \lg_{10} \sqrt{\frac{\bar{A}}{\pi}} \quad (3)$$

Bei hohen Abweichungen zwischen den Winkeln, und somit einer schlechten, d.h. ungleichmäßigen horizontalen Empfangscharakteristik eines C-PODs würden die auf diese Weise berechneten Mittelwerte große Abweichungen zeigen. Bei guter horizontaler Empfangscharakteristik, also geringen winkelabhängigen Differenzen, jedoch, sind die Unterschiede vernachlässigbar und die einfacheren Berechnungen (siehe Mittlere 50 %-Schwelle in Aufzählung b)) zu bevorzugen. Ferner gelten die hier vorgestellten Berechnungen nur unter den Annahmen, dass keine frequenzabhängige Abschwächung auftritt, sowie die Wassertiefe sehr viel kleiner als der Detektionsradius ist. Diese allerdings sind sowohl für die Nord- als auch die Ostsee unzutreffend, weshalb dieser Ansatz nicht weiter verfolgt werden sollte! Darüber hinaus sind die mit diesen Formeln berechneten Werte fast identisch mit denen der Mittleren 50 %-Schwelle (Abbildung 13).

### 3. 12er-Schwelle

Schwelle am Aufzeichnungsbeginn der V0 C-PODs, um V0 und V1 C-POD-Daten hinsichtlich ihres Schalldruckpegels bei einem dIPpp-Schalldruck von 12 zu filtern:

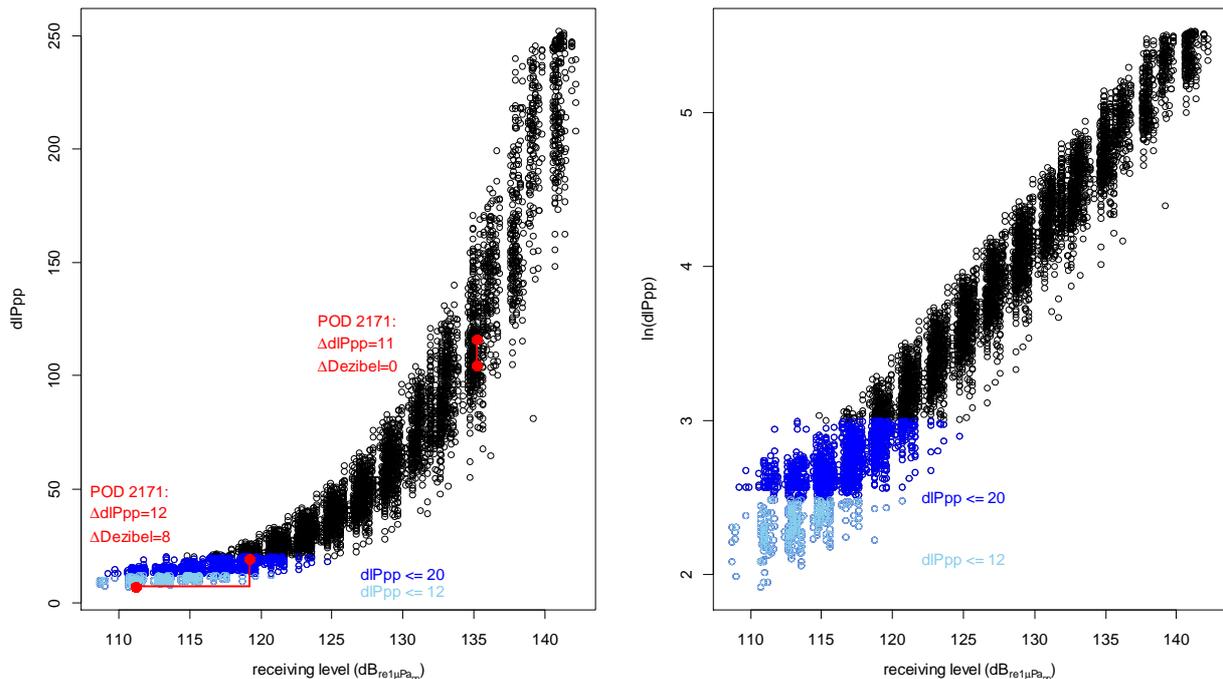
Hierbei wird eine lineare Regression über die logarithmierten dIPpp-Werte (Formel (4)) und die dazugehörigen *receiving level* gerechnet. Mit Hilfe der resultierenden Abbildungsfunktion wird anschließend der *receiving level* des unsensitivsten Geräts bei einem dIPpp-Wert von 12 berechnet (nach Formel (5)) und als Schwelle angenommen. Zum Beschneiden/ Filtern der Daten muss der so erhaltene Schwellenwert mit den Formeln (6) und (7) für den jeweiligen C-POD mit seiner Abbildungsfunktion in den dIPpp-Wert zurück gerechnet werden.

$$\ln(dIPpp) = m \cdot SPL_{dB} + c \quad (4)$$

wobei  $m$  die Steigung,  $c$  der Achsenabschnitt (der als Sensitivität des jeweiligen Geräts angesehen werden kann), dIPpp der vom C-POD geloggte Schalldruck und  $SPL_{dB}$  das tatsächliche *receiving level* ist.

### 5.7.3 Übersetzung des Schalldrucks – C-POD (dIPpp) nach Dezibel

Die Daten zum Ermitteln des Verhältnisses zwischen dem C-POD geloggeten Schalldruck (dIPpp) auf der unreferenzierten 8 Bit-Skala und der Dezibel-Skala (dB re 1µPa pp), sind aus dem Tabellenblatt „Ppp\_zu\_dB\_Verhältnis“ des Kalibrierungsprotokolls (Abbildung 5 links) zu entnehmen. Dort sind die nach Winkel, Frequenz und *receiving level* aufgeschlüsselten und gemittelten, vom C-POD aufgezeichneten Schalldruckwerte in der unreferenzierten 8 Bit-Skala (dIPpp) angegeben. Eine erste Exploration der Daten zeigte für alle 124 C-PODs einen logarithmischen Zusammenhang zwischen den beiden Größen (Abbildung 6). Auch hier wird ausschließlich die Frequenz 130 kHz betrachtet.



**Abbildung 6: Datenexploration dIPpp zu receiving level bei einer Frequenz von 130 kHz**

Erklärung:

Messdaten von 124 verschiedenen C-PODs

Der Zusammenhang zwischen dIPpp und receiving level ist nach Logarithmierung des dIPpp linear. Es kann gesehen werden, dass leise Werte (blaue Punkte in der rechten Abbildung) von diesem Zusammenhang eine Abweichung zeigen. Nach Michael Dähne ist dies auf eine falsche Wiedergabe der leisen Werte zurückzuführen, weshalb diese wie in DÄHNE u. a. (2013) beschrieben aus der Bildung eines linearen Modells ausgeschlossen werden sollten und in diesem Bericht auch ausgeschlossen wurden. Wie in der linken Abbildung deutlich zu sehen ist, werden Werte im unteren Bereich der dIPpp-Skala im Vergleich zum oberen Bereich der Skala schlecht aufgelöst: Ein kleiner Unterschied in dIPpp führt im unteren Bereich der Skala zu einem großen Unterschied in Dezibel im oberen hingegen jedoch nicht (rote Datenpunkte).

Um das Verhältnis zwischen dIPpp-Skala und dem *receiving level* leichter bestimmen zu können, wurde die dIPpp-Skala mit dem natürlichen Logarithmus ( $\ln$ ) logarithmiert. Dadurch ergibt sich ein lineares Verhältnis zwischen den beiden Größen (Abbildung 6 rechts und Abbildung 15). Dieser Zusammenhang kann für jeden einzelnen C-POD durch eine einfache lineare Regression mit Hilfe eines einfachen linearen Modells der Form  $\vec{y} = X\vec{\beta} + \vec{\epsilon}$  bestimmt werden ( $y = m * x + c$ , wobei  $y$  dem  $\ln(\text{dIPpp})$  und  $x$  dem  $\text{SPL}_{\text{dB}}$  entspricht.  $m$  ist die Steigung der Geraden und  $c$  der Achsenabschnitt; Befehl zum Schätzen der Parameter  $m$  und  $c$  in R:  $\text{lm}(\ln(\text{dIPpp}) \sim \text{SPL}_{\text{dB}})$ ). Über den erhaltenen Achsenabschnitt  $c$  und die Steigung  $m$  kann eine einfache Geradengleichung aufgestellt und beide Skalen ineinander umgerechnet werden:

- dIPpp nach dB:

$$SPL_{dB} \hat{=} \frac{\ln(dIPpp) - c}{m} \quad (5)$$

- dB nach dIPpp<sup>2</sup>:

$$\ln(dIPpp) \hat{=} c + m \cdot SPL_{dB} \quad (6)$$

$$dIPpp \hat{=} e^{\ln(dIPpp)} \hat{=} e^{(c+m \cdot SPL_{dB})} \quad (7)$$

Wobei  $\ln(a)$  der natürliche Logarithmus zur Basis  $e$  des Werts  $a$  ist,  $e$  die Eulersche Zahl,  $c$  der Achsenabschnitt,  $m$  die Steigung,  $SPL_{dB}$  das *receiving level* in dB re  $1\mu\text{Pa}$  pp,  $dIPpp$  der Schalldruck in der unreferenzierten 8 Bit-Skala des C-PODs.

## 5.8 Erstellung der Datensätze – Vorgehensweise und Umsetzung

### 5.8.1 Datenbeschneidung bzw. Filterung – Schematische Darstellung

Die unterschiedlichen Vorgehensweisen die Daten auf Klick- bzw. Trainebene gemäß der beiden Prinzipien zu beschneiden, sind abstrahiert und in *Flowcharts* (Abbildung 7, Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10) veranschaulicht worden.

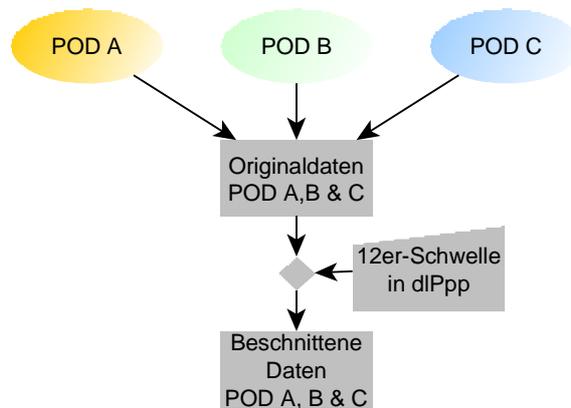
Beschneidet man zur Gewährleistung der Datengüte die Daten anhand der von Chelonia Ltd. vorgeschlagenen unreferenzierten Schalldruckschwelle von 12, so werden sämtliche Originaldaten mit einem avSPL von kleiner oder gleich 12 verworfen (Abbildung 7). Ein ganz ähnliches Vorgehen - nur unter Einbezug der durch die Kalibrierungen empirisch erhaltenen 50 %-Schwellenwerte - ist in Abbildung 8 schematisch dargestellt. Hier werden die 50 %-Schwellen der einzelnen C-PODs zum Beschneiden der Daten und nicht die *uniform scale approach*-Schwelle verwendet. Diese Entscheidung wurde deshalb getroffen, da die Eichung der Geräte durch den Hersteller Chelonia nicht zu vollkommener Übereinstimmung zwischen den Geräten führt und so auch nicht zu einem absolut identischen Verhalten bei einem dIPpp von 12, wie in mehreren Studien befunden wurde (eigene Ergebnisse und Michael Dähne). Es kann also streng genommen nur das Verfahren über die 50 %-Schwelle zum Prinzip „Detektionsschwelle“ gezählt werden und die Datengüte einer Studie gewährleisten, da unsichere, also „zufällig“ geloggte Datensätze, verworfen werden. Beschneidet man sämtliche Daten bei einem dIPpp von 12, so würde im Nachhinein nur der Klickaufzeichnungsbeginn aller C-PODs vereinheitlicht werden.

Das Verwerfen von Daten nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“ orientiert sich, im Gegensatz zum Prinzip „Detektionsschwelle“, am unsensitivsten Messgerät einer Studie oder einer global festgelegten Schwelle in Dezibel (siehe Kapitel 5.4). Für diese Schwelle werden dann pro C-POD die entsprechenden Werte in der dIPpp-Skala berechnet. Die Abbildungsfunktion zwischen den beiden Skalen stammt hierbei aus den Ergebnissen der Kalibrierungsprotokolle. Sämtliche Daten deren mittlerer Schalldruck

---

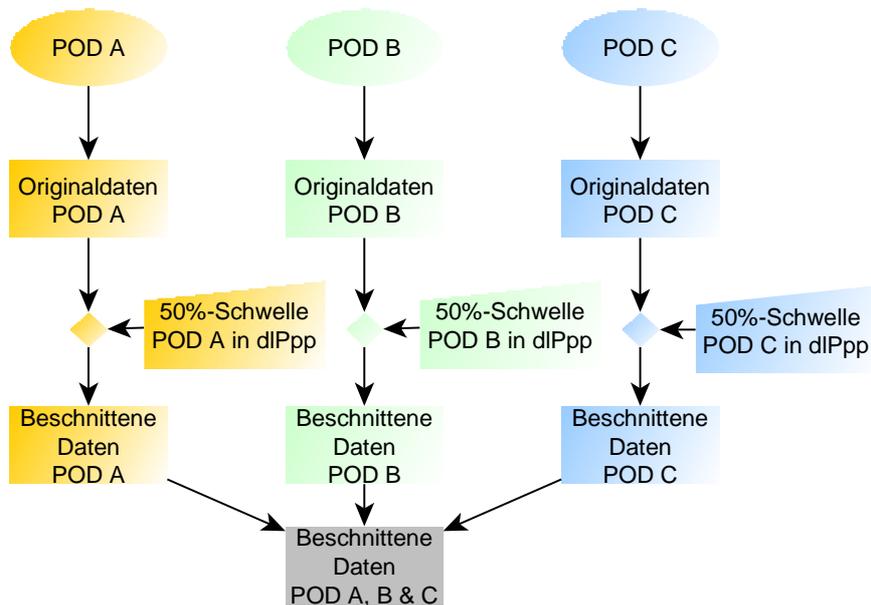
<sup>2</sup> Ergebnis muss auf Ganzzahl gerundet werden

avSPL) kleiner als diese Grenze ist, werden dann als „nicht gehört“ betrachtet (Abbildung 9 und Abbildung 10).



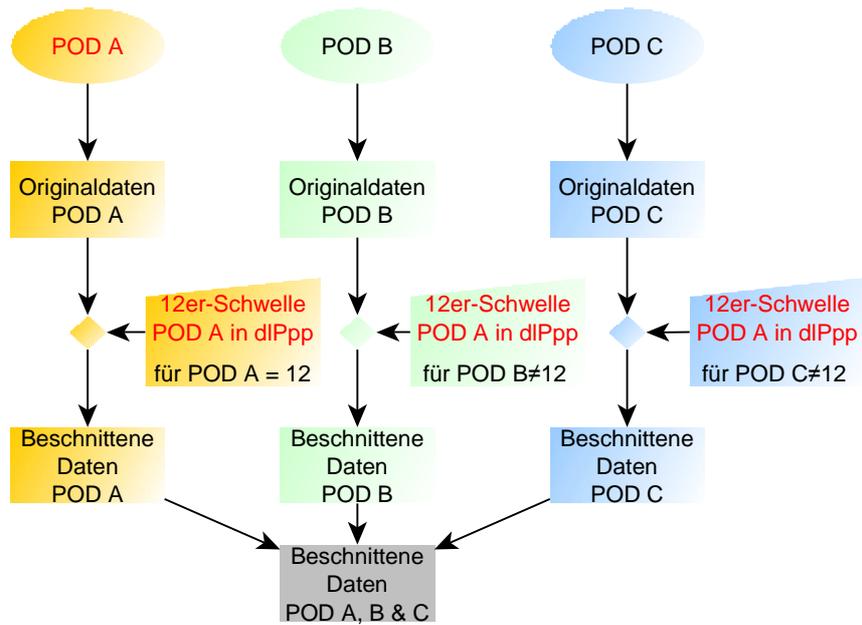
**Abbildung 7:** Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Detektionsschwelle“ bei einem dIPpp von 12 (uniform scale approach)

Erklärung: Hier wird davon ausgegangen, dass ein ankommendes Geräusch mit einem Schalldruckwert von 12 auf der dIPpp-Skala bei jedem C-POD mit der gleichen Wahrscheinlichkeit erkannt wird. Die tatsächliche Lautstärke des Geräuschs in Dezibel (dB re 1µPa) ist dabei unterschiedlich und hier unerheblich. Die originalen Daten mit einem mittleren Schalldruck (avSPL) von kleiner oder gleich 12 (dIPpp-Skala) werden verworfen. Das heißt, diese Daten werden als „nicht gehört“ behandelt.



**Abbildung 8:** Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Detektionsschwelle“ anhand der 50 %-Schwelle aus den Kalibrierungsergebnissen

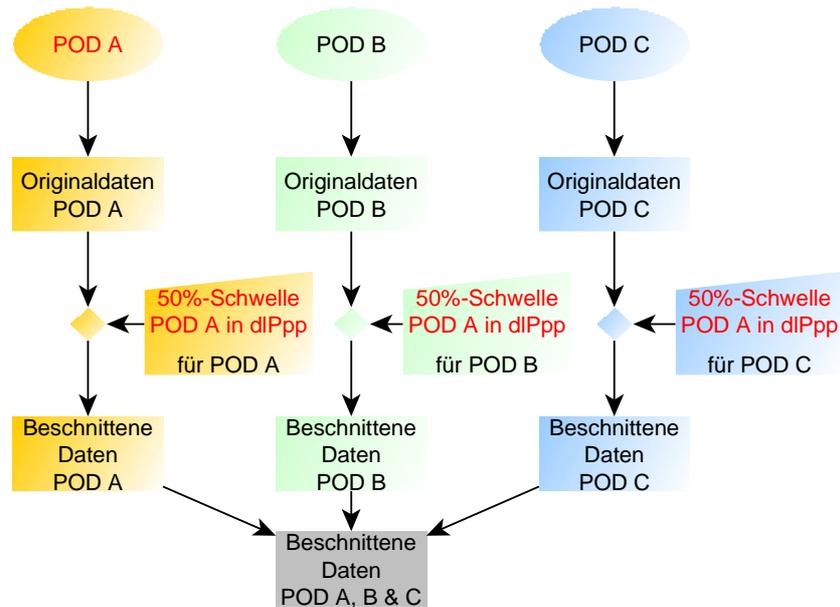
Erklärung: Die aus den Kalibrierungsergebnissen erhaltenen 50 %-Schwellen pro C-POD werden mit Hilfe der C-POD-spezifischen Abbildungsfunktionen (ebenfalls aus den Kalibrierungsdaten erhalten: dB re 1µPa übersetzt in dIPpp) in die dIPpp-Skala umgerechnet. Sämtliche Daten mit einem mittleren Schalldruck (avSPL) kleiner diesem so erhaltenen Wert werden verworfen (auf „nicht gehört“ gesetzt).



**Abbildung 9: Vorgehen der Datenbescheidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzips „Erfassungs-SPL“ anhand der 12er-Schwelle**

Erklärung:

Hier wird davon ausgegangen, dass ein ankommendes Geräusch mit einem Schalldruckwert von 12 auf der dIPpp-Skala bei jedem C-POD mit der gleichen Wahrscheinlichkeit erkannt wird. Die tatsächliche Lautstärke des Geräuschs in Dezibel (dB re 1µPa) ist dabei unterschiedlich. Die 12er-Schwelle für den unsensitivsten C-PODs (hier C-POD A) wird dabei in Dezibel (Abbildungsfunktion aus den Kalibrierungsprotokollen erhalten) umgerechnet und dann für jeden C-POD wieder in dessen dIPpp-Skala zurückgerechnet. Anhand dieser Schwellen werden entsprechende Daten dann verworfen, das heißt Daten mit einem mittleren Schalldruck (*avSPL*) kleiner der entsprechenden Schwelle werden als „nicht gehört“ behandelt.



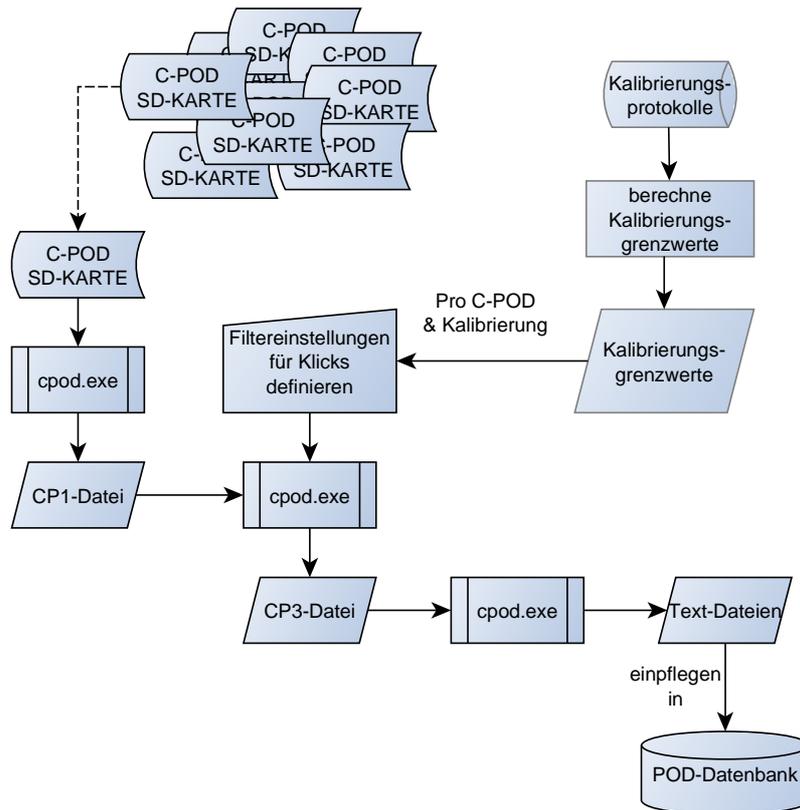
**Abbildung 10: Vorgehen der Datenbeschneidung zur Wahrung der Datengüte gemäß des Prinzip „Erfassungs-SPL“ anhand der 50 %-Schwelle aus den Kalibrierungsergebnissen**

Erklärung:

Die 50 %-Schwelle des unsensitivsten C-PODs (hier C-POD A) wird dabei für jeden C-POD in dessen dIPpp-Skala umgerechnet (Abbildungsfunktion aus den Kalibrierungsprotokollen erhalten). Anhand dieser Grenzen werden entsprechende Daten dann verworfen, das heißt Daten mit einem mittleren Schalldruck (*avSPL*) kleiner der entsprechenden Schwelle werden als „nicht gehört“ behandelt.

## 5.8.2 Klickebene – Theorie und Methodik

Möchte man die Kalibrierungsergebnisse auf Basis der Klickebene in die Filterung seiner Daten einfließen lassen, so muss dies vor dem Einpflegen der Traindaten in eine eventuelle Datenbank (in unserem Fall PODIS) erfolgen. Nach dem Auslesen der Rohdaten von der SD-Karte des C-PODs mit *cpod.exe*, werden die Daten hierfür zunächst in eine CP1-Datei prozessiert (Abbildung 11). Anschließend, bei der Umwandlung der Daten von CP1 in CP3, müssen nun die Filtereinstellungen gemäß der Kalibrierungsergebnisse vorgenommen werden (Abbildung 11). Sämtliche folgende Arbeitsschritte verlaufen dann wiederum wie gewohnt, d.h. die Traindaten werden im Textformat aus den CP3-Dateien exportiert und anschließend in die POD-Datenbank mit Hilfe von PODIS eingepflegt (Abbildung 11). Dieser Ablauf muss für jeden zu filternden Datensatz wiederholt werden.



**Abbildung 11: Vorgehensweise der Datenbeschneidung anhand der Kalibrierungsgrenzwerte auf Klickebene**

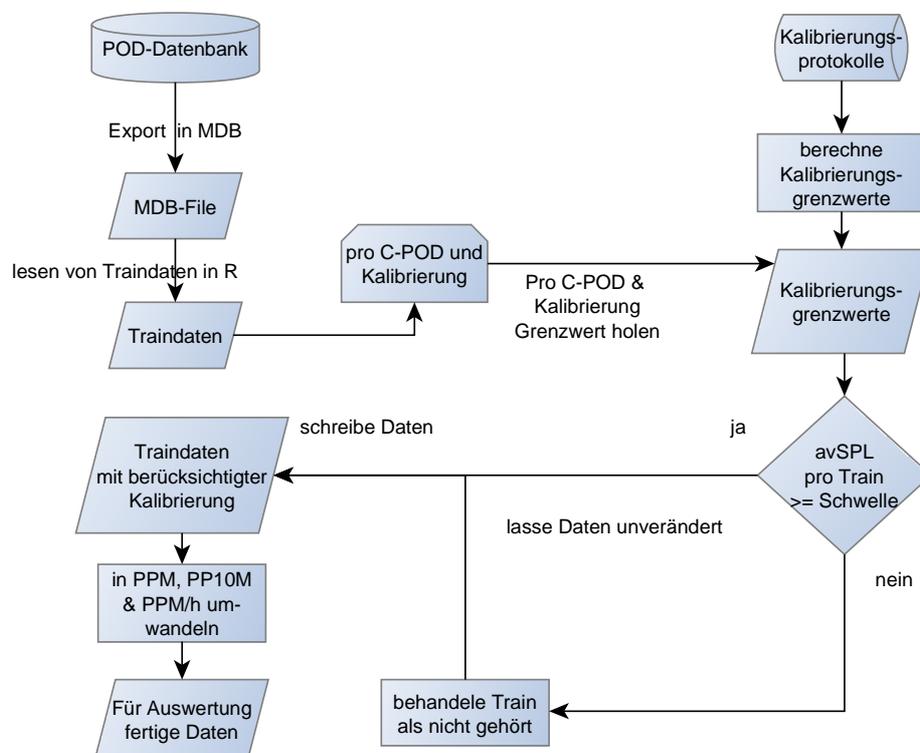
Bei der Analyse der CP1-Dateien mit der Softwareversion 2.026, die nach Absprache zwischen den drei Gutachterbüros und dem BSH für den vorliegenden Bericht verwendet wurden, fiel auf, dass es keinen erkennbaren Unterschied zwischen den vier Arten der Filterung gab. Bei der Plausibilitätsprüfung der Aktivitätsdichten stellte sich heraus, dass sich auch die Anzahl der aufgezeichneten Klicks nur zwischen den beiden Arten der Prozessierung „ungefiltert“ und „SPL12“ (dlPpp: 12; Länge des Tons: 5 Zyklen, Frequenz: 20 bis 145 kHz) unterschieden. Es wurde kein Unterschied zwischen den „ungefilterten“ Datensätzen und den auf den „mittleren Radius“ bzw. dem „unsensitivsten C-POD“ gefilterten Daten festgestellt. Da vor allem ein Unterschied zu den Daten des „unsensitivsten C-PODs“ zu erwarten war, wurde angenommen, dass ein Softwarefehler vorlag. Beim Abgleich der Frequenzverteilungen stellte sich abschließend heraus, dass die Filterung der Lautstärke nicht wie erwartet zu funktionieren schien. Nach Rücksprache mit Nick Tregenza ergab sich, dass dies in der Tat ein bisher unbemerktes Bug in der Software war. Aus diesem Grund musste für diese Art der Auswertungen auf die korrigierte Softwareversion 2.043 der cpod.exe zurückgegriffen werden. Diese unterscheidet sich nur in der nun funktionierenden Filterfunktionalität von der ansonsten verwendeten Version 2.026 – der Kernel-Classifizierer aller 2.xxx Versionen ist identisch.

Eine erneute Plausibilitätsprüfung der mit cpod.exe 2.043 gefilterten Daten ergab, dass sämtliche Klickdaten in Frequenz, Lautstärke oder Zykluslänge den Filterkriterien entsprachen. Demnach wird davon ausgegangen, dass die Softwareversion 2.043 der cpod.exe die aufgezeichneten Klicks korrekt filtert.

### 5.8.3 Trainebene – Theorie und Methodik

Zum Einbinden der Kalibrierungsergebnisse auf Trainebene werden in einem ersten Schritt die Schweinswaldaten aus der POD-Datenbank mit Hilfe von PODIS in ein MDB-Format exportiert. Hierbei wird davon ausgegangen, dass zu sämtlichen verwendeten C-PODs auch entsprechende Kalibrierungsergebnisse vorliegen. Da die genaueste Auflösung der Daten die Trainebene darstellt, muss eine Anpassung der Datensätze nach Kalibrierungsergebnissen auf dieser Ebene stattfinden. Das wiederum bedeutet, dass die im PODIS-Export bereitgestellten Sichten zur minuten- (*PositiveMinutes*), 10-minutengenauen (*ViewXMinute*) oder größeren Auflösung nicht mehr verwendet werden können, da sie auf den unangepassten Traindaten basieren. Aus diesem Grund wurden die Sichten *PositiveMinutes* (minutengenaue Auflösung), *ViewXMinute* (Auflösung auf 10 Minuten genau) und *ViewHour* (stundengenaue Auflösung) in R nachgestellt. Eine Verifikation dieser Umwandlungen geschah durch Überprüfung der Identität von Sichten aus dem PODIS-Export und R basierend auf den originalen, unangepassten Traindaten (Sicht *UsedTraindetails*).

Zur Anpassung der Daten anhand der Kalibrierungsergebnisse (operierend auf den Ergebnissen der Sicht *UsedTraindetails*) wurden sämtliche Trains deren mittlerer Schalldruck (Variable *avSPL*) kleiner als der gewählte Grenzwert war, verworfen. Das bedeutet, dass ein Train der unter dieses Kriterium fiel, als „nicht gehört“ definiert wurde: An seiner statt wurde somit die Anzahl der Klicks als nicht vorhanden eingetragen, also auf Null gehörte Klicks gesetzt. In PODIS ist das gleichbedeutend mit Leerdatensätzen auf der Trainebene, weshalb bei sämtlichen betroffenen Datensätzen die Variable *NofClx* auf „NA“ gesetzt werden muss. Ein Löschen des ganzen Datensatzes wäre nicht zielführend, da es einen Ausfall bzw. einen nicht vorhandenen Datensatz an dieser Stelle suggerieren würde und nicht, wie gewünscht, die Abwesenheit von Schweinswalaktivität. Die Vorgehensweise der Datenumwandlung ist in Abbildung 12 zu sehen.



**Abbildung 12: Vorgehensweise der Datenbeschneidung anhand der Kalibrierungsgrenzwerte auf Trainebene und die anschließende Umwandlung**

## 5.9 Statistische Auswertungen

Auswertungen auf Basis der Klickdaten wurden mit R 2.14.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) vorgenommen und Abbildungen mit Microsoft® Excel erstellt. Der Abgleich der Auswirkung der verschiedenen Prozessierung auf die Aktivitätsdichten erfolgte durch Visualisierung der Phänologie. Eine anschließende Spearman-Rang-Korrelationen anhand des R Packages ‚stats‘ prüfte die Übereinstimmung der Aktivitätsdichten. Für diese Auswertungen wurden zufällig insgesamt neun C-PODs ausgewählt, die während drei verschiedenen Aufzeichnungszeiträumen im Einsatz waren (Tabelle 2). Um Daten verschiedener C-PODs vergleichbar zu machen, wurden die Rohdaten (Klickdaten) vor der Prozessierung zu Trains nach unterschiedlichen Kriterien gefiltert:

1. ungefilterte Prozessierung
2. SPL 12: abschneiden aller Geräusche unterhalb von SPL 12, oberhalb von 145 kHz und unterhalb von fünf Zyklen (minimale Klicklänge)
3. Mittlerer 50 %-Schwelle pro C-POD
4. Mittlerer 50 %-Schwelle des unsensitivsten C-PODs (287<sup>3</sup> 120,1 dB)

Die drei Ausbringungszeiträume wurden in PODIS unter der eigens hierfür angelegten Station BSH\_cal als Stationsteile (BSH\_cal\_1, 2 und 3) verwaltet. Die Text-Dateien der vier Prozessierungsarten wurden in PODIS unter dem entsprechenden Stationsteil importiert. Zur weiteren Analyse wurden die Daten in ein MDB Format (PODReport.mdb) exportiert.

**Tabelle 2: Ausgewertete C-POD-Daten, Station, PODID, C-POD Version, ursprüngliche Station, Wassertiefe, berücksichtigter Datenzeitraum, Datenlänge**

Stationsteil	C-POD	C-POD Version	Ursprüngliche Station	Ausbringtiefe [m]	Wassertiefe [m]	von	bis	Datenlänge [Tage]
BSH_cal_1	0419	V0	S9A	33	40	16.04.2010	25.06.2010	70
	0422	V0	S9B unten	30	40	16.04.2010	25.06.2010	70
	0298	V0	S9B oben	30	40	16.04.2010	25.06.2010	70
BSH_cal_2	0305	V0	S9B	30	40	27.07.2011	02.10.2011	67
	0308	V0	S9A oben	33	40	27.07.2011	02.10.2011	67
	0422	V0	S9A unten	30	40	27.07.2011	02.10.2011	67
BSH_cal_3	0427	V0	S3C	30	40	11.09.2010	16.10.2010	35
	0735	V1	S3A	30	40	10.09.2010	17.10.2010	37
	0961	V1	S3B	30	40	11.09.2010	14.10.2010	33

Die Aktivitätsdichten der vier verschiedenen Arten der Prozessierung wurden untereinander und mit den Aktivitätsdichten, die anhand der Filterung der Trains mittels des mittleren SPLs ermittelt wurden, verglichen. Letzteres erfolgte durch die Berechnung der mittleren Lautstärke jedes einzelnen Trains anhand der Formel (5).

<sup>3</sup> Radius des unsensibelsten C-PODs, der zwischen Anfang 2010 und Ende 2012 an den acht POD-Stationen ausgebracht wurde

Sämtliche Auswertungen und Berechnungen auf Basis der Traindaten und zu den Kalibrierungsergebnissen wurden mit R 3.0.0 (R CORE TEAM, 2013) vorgenommen und sind im Bericht, wenn möglich graphisch dargestellt. Für Gruppenunterschiede wurde eine Darstellung in Boxplots geliefert und die Unterschiede zwischen den Gruppen mit einem geeigneten statistischen Testverfahren getestet (Nichtparametrischer Kruskal-Wallis-Test).

Die gezeigten Boxplots sind wie folgt zu verstehen:

Punkte außerhalb der Boxen sind sogenannte Ausreißer, die obere bzw. untere Grenze der Boxen stellen das 25 bzw. 75 Perzentil dar und der durchgezogene horizontale Strich in den Boxen ist der Median. Die Whiskers (Linien außerhalb der Boxen) stellen entweder die Maximalwerte oder das 1,5 fache der Interquartil-Spanne dar – je nachdem was kleiner ist (die Interquartil-Spanne ist die Differenz zwischen den Werten des ersten und dritten Quartils, also des 25 und 75 Perzentils) (CRAWLEY, 2007).

Eventuelle statistisch signifikante Gruppenunterschiede sind in den Boxplots mit Buchstaben über der jeweiligen Gruppe kenntlich gemacht: Gleiche Buchstaben markieren Gruppen ohne statistisch signifikanten Unterschied, wohingegen ungleiche Buchstaben auf statistisch signifikante Gruppenunterschiede verweisen.

Unterschiede zwischen Gruppen werden als statistisch signifikant gewertet, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  kleiner als  $P = 0,05$  ist, hoch signifikant wenn sie kleiner als  $P = 0,01$  und höchst signifikant wenn sie kleiner als  $P = 0,001$  ist.

Für die Evaluierung der Kalibrierungseinbindung auf Trainebene wurden für jede C-POD-Version jeweils zufällig neun C-PODs ausgewählt, von denen alle zur Verfügung stehenden Daten in die Auswertung einbezogen wurden. Für die Kategorie der Version 0 C-PODs wurden die Geräte 31, 68, 71, 150, 214, 215, 216, 223 und 224 ausgewertet. Die Geräte 1808, 1810, 2011, 2103, 2105, 2107, 2113, 2139 und 2171 wurden in der Kategorie der Version 1 C-PODs ausgewertet.

### 5.9.1 Einbindung der Kalibrierungsergebnisse – GAM(M)

Da in den meisten vom BSH angeforderten Studien zu Offshore-Windparks in der deutschen AWZ ökologische Modelle auf C-POD basierten Schweinswaldatensätzen mit sogenannten Generalisierten Additiven Modellen (GAM) gebildet werden, wurde auch hier in diesem Bericht diese Methode verwendet, um den Einfluss der Kalibrierungsdaten auf die Güte des Modelle zu untersuchen. Für die Berechnung der Generalisierten Additiven Modelle (GAM) oder Generalisierten Additiven Gemischten Modelle (GAMM) wurde das Paket *mgcv* Version 1.7-22 (WOOD, 2011) verwendet.

In die Modelle flossen als abhängige Variable Schweinswal-positive 10 Minuten pro Tag (*pp10m/day*) ein und als erklärende Variablen wurden das Erfassungsjahr (Faktor), der Erfassungsmonat (zyklischer Spline), sowie als kalibrierungsrelevanter Parameter der relative Unterschied zwischen den berechneten 50%-Grenzen (bezeichnet als *deltaThreshold* oder *cut\_mean*) als *smooth construct* eingebunden. Mögliche weitere kalibrierungsrelevante Parameter wären Achsenabschnitt und Steigung der Schalldruckabbildungsfunktion des unreferenzierten Schalldrucks auf den Schalldruckpegel, diese wurden in diesem Bericht aber nicht dargestellt, da mit ihnen keine so guten Modellierungsergebnisse erzielt werden konnten. Als exponentielle Wahrscheinlichkeitsfamilie wurde die Poisson-Verteilung gewählt mit einer *Quasi-Likelihood* Schätzung um für *overdispersion* zu korrigieren (GAM Befehl: *family="quasipoisson"*). Die Quasi-Poisson-Verteilung wurde gewählt, da es sich bei der Antwortvariablen *pp10M* um eine Zählvariable mit hoher Variabilität handelt (vgl. CRAWLEY, 2007).

Sämtliche GAMs wurden sowohl auf den Originaldaten als auch auf den anhand der Kalibrierungsergebnisse nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“ beschnittenen Daten berechnet. Als Datenpool dienten hierbei die Schweinswalaktivitätsdaten der POD-Stationen S2, S3 und S4 aus den Jahren 2011 bis 2013 von 29 verschiedenen C-PODs beider Versionen (0 und 1). C-PODs zu denen keine Kalibrierungsergebnisse vorlagen wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

**Tabelle 3: GAM Variablen**

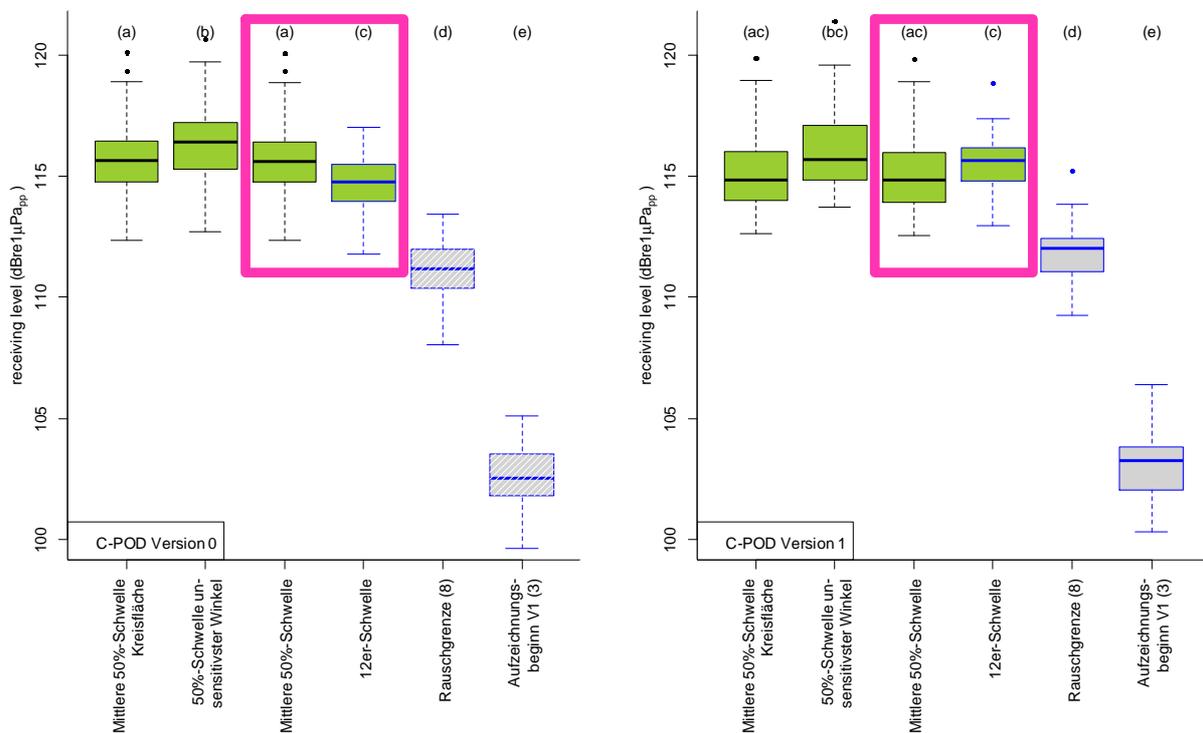
Variablenname	Berechnung	Aussage	Art der Einbindung in GAM
pp10m/t	über Abfragen und Umwandlungen aus den aufgezeichneten Traindaten generiert	Schweinswal positive 10 Minuten pro Zeiteinheit	Antwort Variable
YYYY	-	Erfassungsjahr	erklärende Variable als Faktor eingebunden
MM	-	Erfassungsmonat	erklärende Variable als zyklischer Spline eingebunden
station	-	Identifikation des Ausbringungsortes	erklärende Variable als Faktor eingebunden
cut_mean	$Grenze_{ref} - Grenze_{POD}$	Abweichung der Aufzeichnungsgrenze von einer Referenzgrenze (z.B: dem schlechtesten POD der Studie oder einer globalen Grenze)	erklärende Variable als Thin-plate Regression Spline eingebunden
deltaIntercept	$Intercept_{ref} - Intercept_{POD}$	Abweichung des Achsenabschnitts von einem Referenzachsenabschnitt (z.B: dem schlechtesten POD der Studie)	erklärende Variable als Thin-plate Regression Spline eingebunden
deltaSlope	$Slope_{ref} - Slope_{POD}$	Abweichung der Steigung von einer Referenzsteigung (z.B: dem schlechtesten POD der Studie)	erklärende Variable als Thin-plate Regression Spline eingebunden

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Schwellenwerte und C-POD-Sensitivitätsunterschiede

Aufgrund von Sensitivitätsunterschieden der verbauten Hydrophone unterscheiden C-PODs sich in ihrer 50 %-Schwelle. Damit sind die möglichen Datenbeschneidungsgrenzen zwar C-POD-übergreifend gleich in ihrer Bedeutung aber unterschiedlich in ihrer Ausprägung. In diesem Bericht wurde der Fokus auf verschiedenen berechnete 50 %-Schwellenwerte, die 12er-Schwelle, sowie die interne Rausch- und Aufzeichnungsgrenze von C-PODs der Version 1 gelegt (Abbildung 13). C-POD-interne Größen wie die tatsächliche Aufzeichnungsgrenze von 3 dIPpp der Version 1 C-PODs, sowie die interne Rauschgrenze von 8 dIPpp repräsentieren deutlich geringere Lautstärken als die von Chelonia Ltd. empfohlene Datenbeschneidungsgrenze des *uniform scale approach* (Beschneidung sämtlicher Daten bei einem dIPpp von 12) oder die aus den Kalibrierungsprotokollen verschieden berechneten 50 %-Schwellenwerte (Abbildung 13). Bei C-PODs beider Generationen (V0 und V1 C-PODs) ist die durch die Wahl des unsensitivsten Winkels erhaltene 50 %-Schwelle (50 %-Schwelle unsensitivster Winkel) signifikant lauter, repräsentiert höhere Dezibel-Werte und führt damit zu mehr verworfenen Daten, als bei sämtlichen anderen in Betracht kommenden Grenzen (grün ausgefüllte

Boxplots in Abbildung 13). Die in ihrer Berechnung verschiedenen 50 %-Schwellen „Mittlere 50 %-Schwelle Kreisfläche“ und „Mittlere 50 %-Schwelle“ sind bei beiden C-POD Versionen, aufgrund vernachlässigbar kleiner radialer Unterschiede pro C-POD statistisch nicht zu unterscheiden (Abbildung 13). Aus diesem und den in 5.7.2 2c) genannten Gründen wurde für nachfolgende Auswertungen der intuitiv zu verstehende Ansatz der Mittleren 50 %-Schwelle, also die über einfache euklidische Mittelwertbildung aus den Kalibrierungsprotokollen erhaltene 50 %-Schwelle, gewählt (Abbildung 13). Diese wiederum ist, sowohl bei V0 C-PODs als auch V1 C-PODs statistisch signifikant verschieden von der 12er-Schwelle (Abbildung 13). Allerdings muss hierbei darauf hingewiesen werden, dass die 12er-Schwelle für V0 C-PODs unterhalb und für V1 C-PODs oberhalb deren Mittlerer 50 %-Schwelle liegt (Abbildung 13), was wiederum in der empirischen Bestimmung der 50 %-Schwellenwerte des DMM, sowie im Aufzeichnungsbeginn der verschiedenen C-POD-Versionen begründet ist.



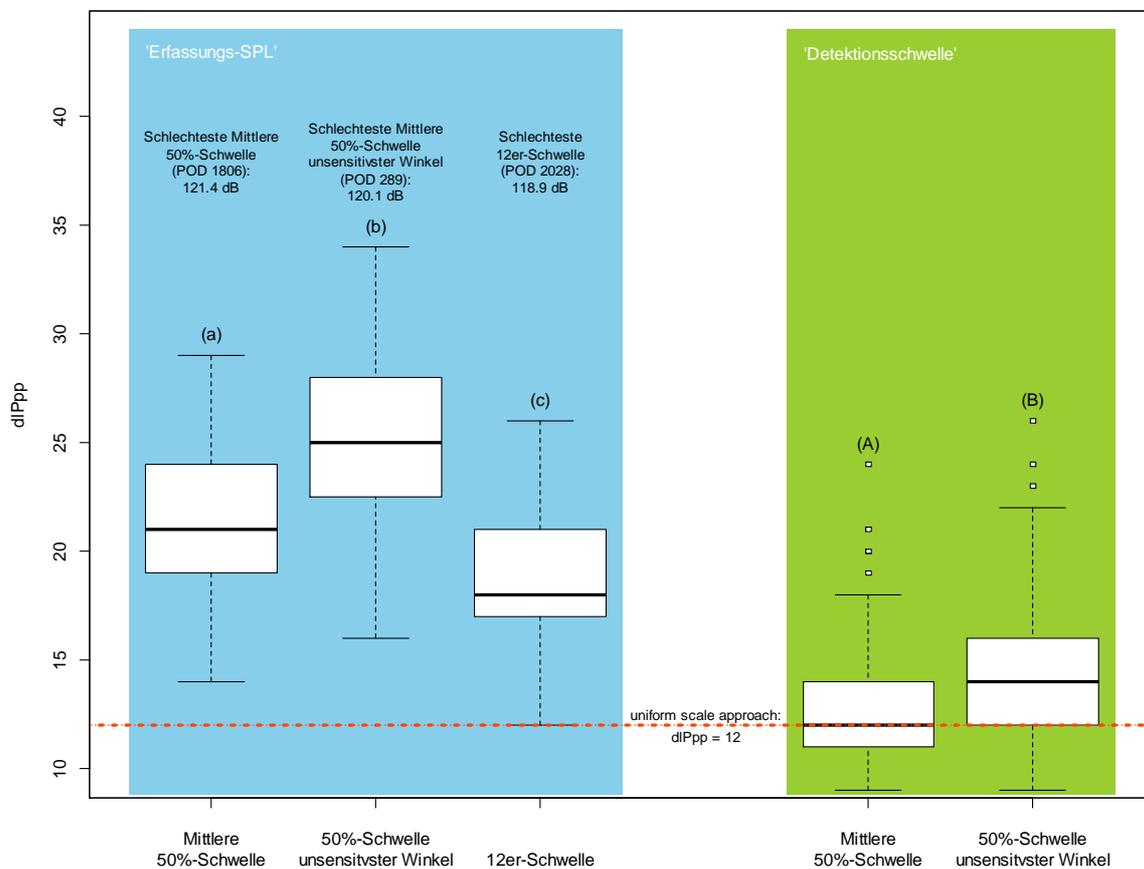
**Abbildung 13: C-POD-übergreifende Variation möglicher Datenbeschneidungsgrenzwerte und C-POD-Schalldruckkennwerte im Verhältnis zum receiving level**

Erklärung:

Für die Kategorie der Version 0 C-PODs (linke Abbildung) standen 87 Geräte zur Auswertung zur Verfügung, wohingegen 37 C-PODs der Version 1 (rechte Abbildung) vorlagen. Sämtliche Grenzwerte sind für die Frequenz 130 kHz berechnet. Boxplots mit schwarzen Boxen stellen die aus den Kalibrierungsprotokollen errechneten 50 %-Schwellenwerte dar. Blaue Boxen stellen die aus den Herstellerangaben erhaltenen Grenzwerte und ihre durch die Kalibrierungsprotokolle ermöglichte Umrechnung in Schalldruckpegelwerte dar. Die grün gefüllten Boxplots sind prinzipiell sinnvolle Grenzwerte, wohingegen die grau gefüllten Boxen weit unterhalb der 50 %-Schwelle liegen und damit nicht in Betracht kommen. Aufgrund der einfachen Berechnung und Sinnhaftigkeit werden im Folgenden die durch den pinken Kasten markierten Grenzwerte näher betrachtet. Die dIPpp-Werte 8 und 3 der grau gefüllten Boxen liegen für V0 C-PODs unterhalb deren Aufzeichnungsbeginn und sind deshalb schraffiert dargestellt. Auf statistische Unterschiede zwischen den Kategorien wurde mit einem nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Test geprüft; diese sind durch die Buchstaben oberhalb der Boxen gekennzeichnet. Gleiche Buchstaben markieren Gruppen ohne statistisch signifikanten Unterschied, wohingegen ungleiche Buchstaben auf statistisch signifikante Gruppenunterschiede verweisen.

Eine Verteilung der ausgewählten Grenzwerte in der dIPpp-Skala der C-PODs im Vergleich zum jeweiligen Worst-Case-Grenzwert ist in Abbildung 14 zu sehen. Hierbei wurden die jeweiligen Grenzwerte sowohl für das Prinzip „Erfassungs-SPL“ (Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 14) als

auch für das Prinzip „Detektionsschwelle“ (Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 14) dargestellt (Abbildung 14). Der *uniform scale approach* mit einem  $dIP_{pp}$  von 12 ist als rot gestrichelte horizontale Linie zum Vergleich der Abbildung beigefügt (Abbildung 14). Die je nach angewandtem Prinzip unterschiedliche Übersetzung des Worst-Case Grenzwertes (50 %-Schwelle am unsensitivsten Schalleinfallswinkel des C-PODs) ist in beiden Fällen statistisch signifikant höher als die Übersetzung der mittleren „50 %-Schwelle Radius“ (mittlere 50 %-Schwelle berechnet durch den euklidischen Mittelwert der vier 50 %-Schwellen pro Winkel). Die 12er-Schwelle ist für das Prinzip „Erfassungs-SPL“ signifikant niedriger als die Mittlere 50 %-Schwelle (Abbildung 14). Für das Prinzip „Detektionsschwelle“ ist der *uniform scale approach* mit einem  $dIP_{pp}$  von 12 identisch mit dem Median der Mittleren 50 %-Schwellen-Kategorie (Abbildung 14). Wie zu erwarten, da im Ansatz des jeweiligen Prinzips begründet, sind die nach dem Prinzip „Detektionsschwelle“ (Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 14) übersetzten Werte in ihrer Werteverteilung deutlich niedriger als die des Prinzips „Erfassungs-SPL“ (Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 14).



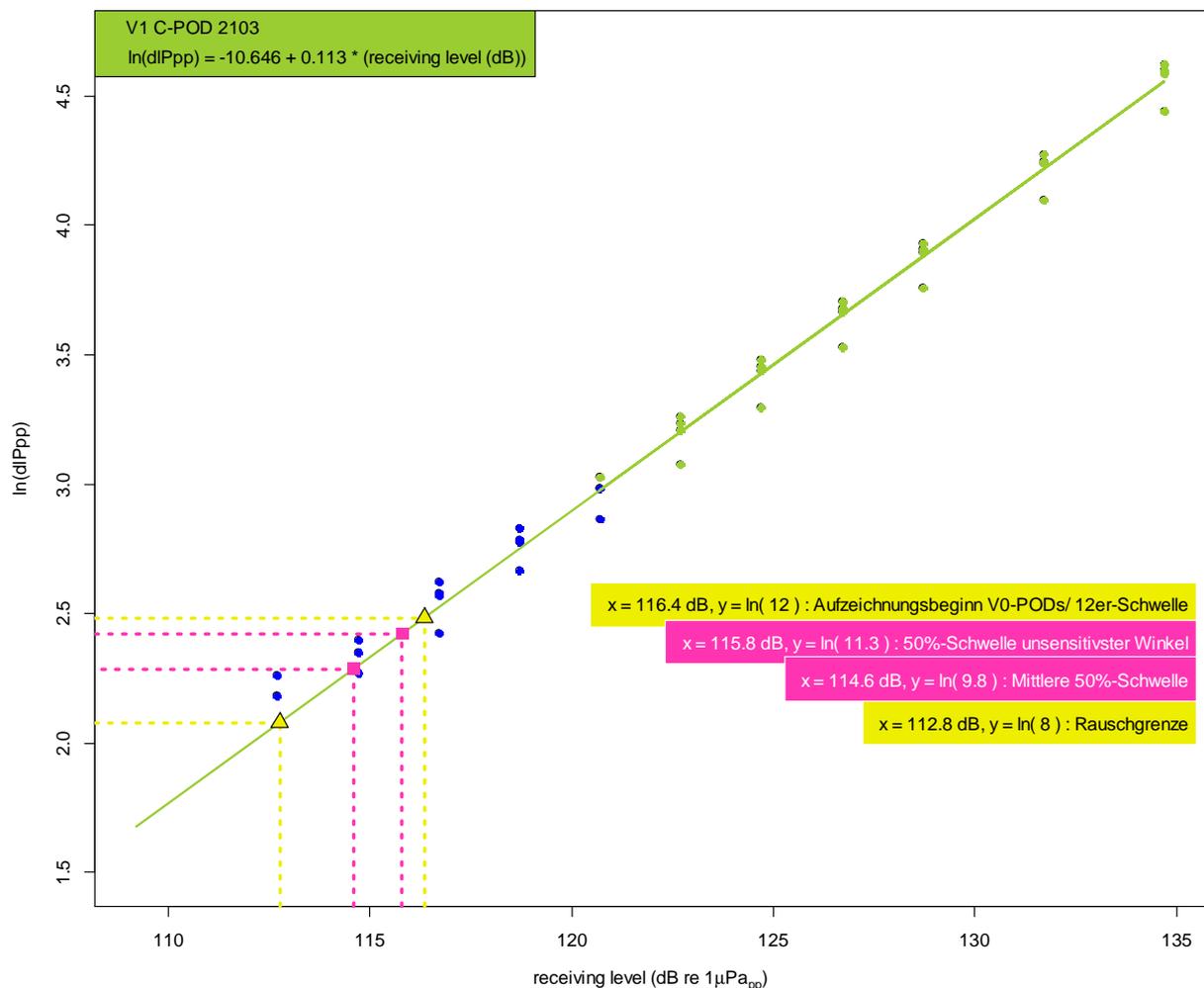
**Abbildung 14:** Verteilung umgesetzter Schwellenwerte als  $dIP_{pp}$  von 124 C-PODs

Erklärung:

Die rot gestrichelte horizontale Linie stellt den *uniform scale approach* mit einem  $dIP_{pp}$  von 12 dar. Boxplots auf blauem Hintergrund visualisieren die Verteilung Datenbeschneidungsgrenzen bei der Umsetzung des Prinzips „Erfassungs-SPL“, mit C-POD 1806 als unsensitivstem Messgerät der Kategorie „Schlechteste Mittlere 50 %-Schwelle“ (120,1 dB re 1 $\mu$ Pa), C-POD 289 in der Kategorie „Schlechteste 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel“ (121,4 dB re 1 $\mu$ Pa) und C-POD 2028 in der Kategorie „Schlechteste 12er-Schwelle“ (118,9 dB re 1 $\mu$ Pa). Die Verteilung der Datenbeschneidungsgrenzen nach dem Prinzip „Detektionsschwelle“ wird durch die Boxplots auf grünem Grund visualisiert. Auf statistische Unterschiede zwischen den Kategorien wurde mit einem nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Test geprüft; diese sind durch die Buchstaben oberhalb der Boxen gekennzeichnet. Gleiche Buchstaben markieren Gruppen ohne statistisch signifikanten Unterschied, wohingegen ungleiche Buchstaben auf statistisch signifikante Gruppenunterschiede verweisen.

## 6.2 Schalldruckübersetzung

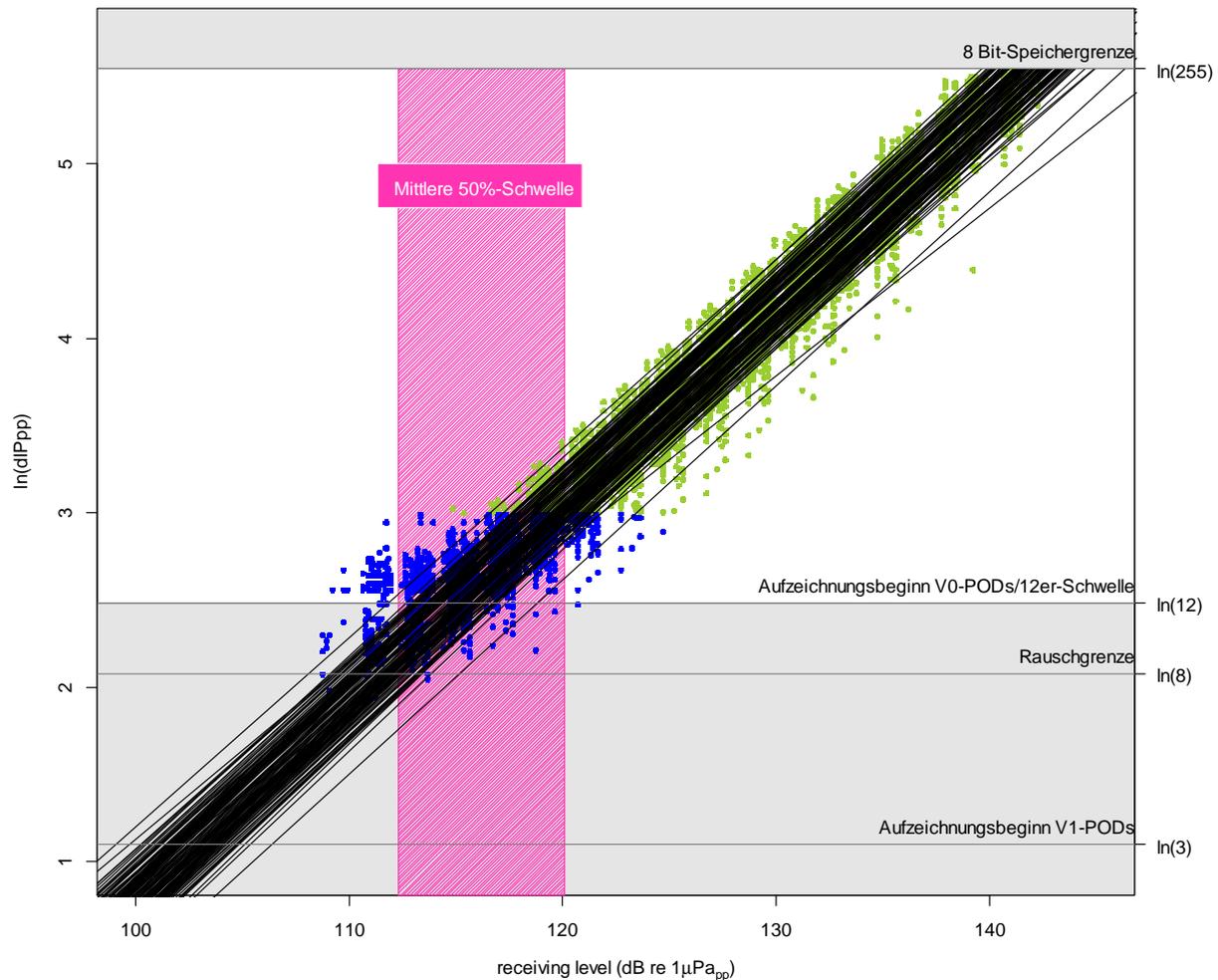
Exemplarisch an C-POD 2103 gezeigt ist die Schalldruckübersetzung bei einer Frequenz von 130 kHz von der dIPpp-Skala des C-PODs auf die aussagekräftigere Dezibel-Skala (dB re 1µPa) (Abbildung 15). Die aus den Kalibrierungsmesspunkten errechnete Schalldruckabbildungsfunktion ist in grün dargestellt und verschiedene vorgestellte Grenzwerte sind zum Vergleich eingezeichnet. Die mit dem natürlichen Logarithmus (Logarithmus zur Basis e) transformierten Schalldruckwerte der dIPpp-Skala bilden eine Gerade, wenn sie gegen das *receiving level* aufgetragen werden. Die Unterschiede zwischen den Messwerten pro *receiving level* sind in den radialen Sensitivitätsunterschieden des C-PODs begründet. Bei C-POD 2103 liegen die 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel, 12er-Schwelle/*uniform scale approach* und Mittlere 50 %-Schwelle eng beisammen (Abbildung 15).



**Abbildung 15:** Zusammenhang zwischen dIPpp und receiving level am Beispiel von V1 C-POD 2103 bei einer Frequenz von 130 kHz

Erklärung:

Der dIPpp ist logarithmiert auf der y-Achse aufgetragen und das *receiving level* auf der x-Achse. Die aus dem Kalibrierungsprotokoll entnommenen Werte sind die ausgefüllten blauen oder grünen Punkte. Grüne Datenpunkte sind diejenigen, die dem linearen Modell, der grünen Regressionsgeraden durch diese Werte, zugehörig liegen, die blauen Punkte wurden nicht in die Berechnungen miteinbezogen. Die zugehörige Geradengleichung, ebenfalls in grün, ist oben links in der Abbildung zu sehen. In gelb und pink sind diverse wichtige Schwellenwerte bzw. C-POD-Spezifikationen angegeben. Hinweis: Die berechneten C-POD-internen Werte können in dieser Genauigkeit nicht vom C-POD dargestellt werden, sondern werden dort auf eine ganzzahlige Skala abgebildet



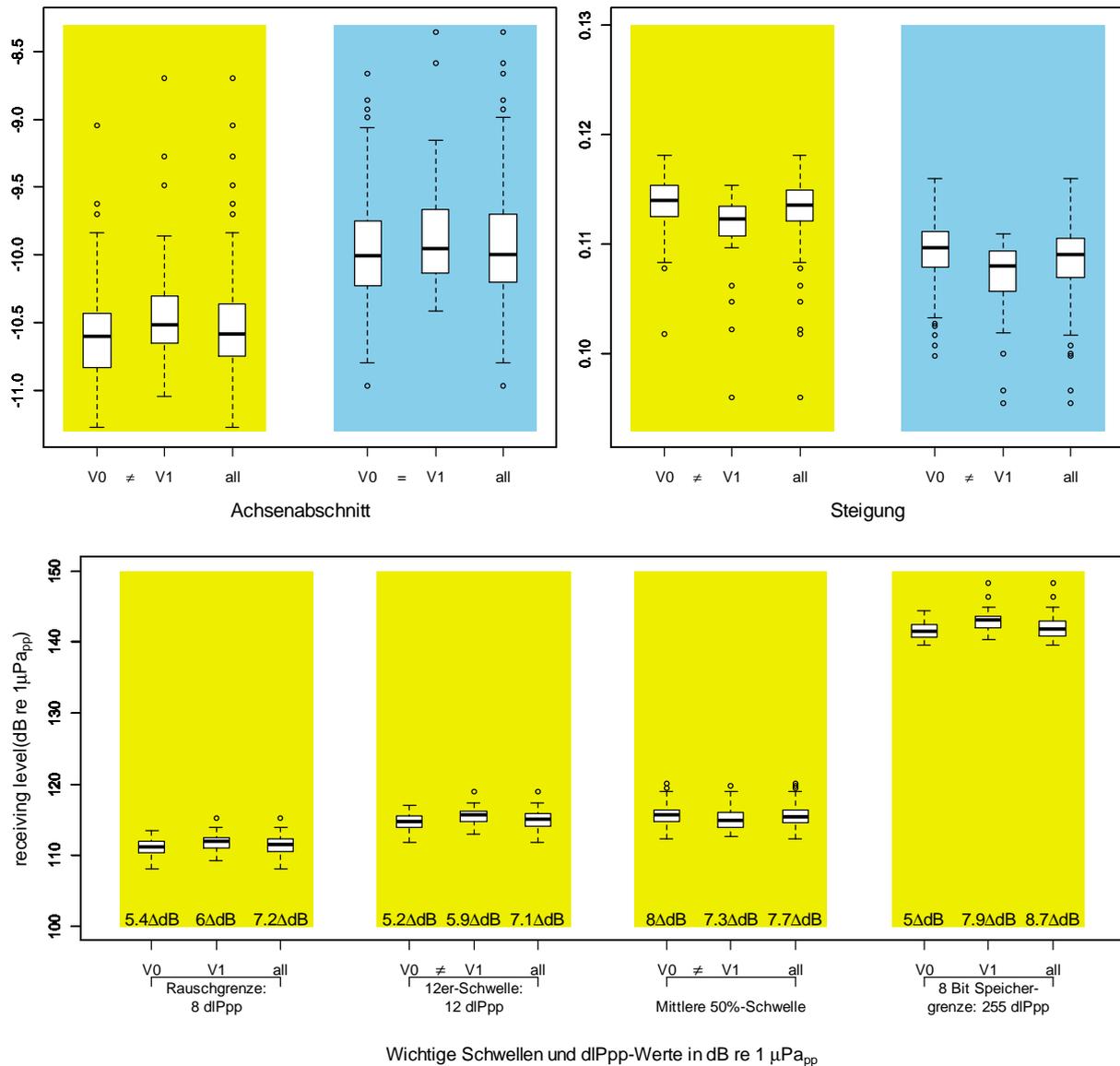
**Abbildung 16: Schalldruckabbildung (dIPpp auf receiving level) von 124 C-PODs**

Erklärung:

In schwarz sind die mit dem linearen Modell angepassten Geraden zur Umrechnung zwischen den beiden Skalen, in grün die ihnen zugrunde liegenden Datenpunkte dargestellt. Blaue Datenpunkte wurden aufgrund ihrer Unsicherheit nicht in die Bildung der Modelle einbezogen. Der vertikale pinkfarbene Balken repräsentiert die Spanne der Mittleren 50 %-Schwelle. Die oberen und unteren grauen Balken markieren den Aufzeichnungsbereich bzw. das Ende des dIPpp-Wertebereichs, die Rauschgrenze und die 12er-Schwelle.

Eine Übersicht über sämtliche 126 Abbildungsfunktionen der im Bericht verwendeten 124 C-PODs, sowie der vorgestellten Grenzwerte geben Abbildung 16 und Abbildung 17. Innerhalb des Bereichs zwischen der von Chelonia Ltd. empfohlenen Datenbeschneidungsgrenze, des *uniform scale approachs*, und der speicherbedingten Aufzeichnungsgrenze können bei einer Frequenz von 130 kHz Schweinswalklicks mit Spitzenpegeln (*peak-to-peak*) ab ungefähr 111 dB re 1µPa ausgewertet werden (Abbildung 16). Klicks, die die interne Laustärke von 255 dIPpp überschreiten, werden nicht eindeutig abgebildet. Ihre Lautstärke wird immer auf 255 dIPpp abgebildet, was den Wertebereich mit *peak-to-peak* von größer oder gleich 140 dB re 1µPa betrifft (Abbildung 16). Achsenabschnitt und Steigung, also die Kenngrößen der Schalldruckabbildungsfunktion, variieren je nach C-POD-Sensitivität (Abbildung 17). Die Steigung ist bei V0 C-PODs höher und der Achsenabschnitt kleiner als bei V1 C-PODs (Abbildung 17). An der Rauschgrenze (dIPpp von 8), der 12er-Schwelle/ *uniform scale approach* (die, hier noch einmal angemerkt, zugleich die Aufzeichnungsgrenze der V0 C-PODs darstellt) sowie an der Speichergrenze (dIPpp von 255) ist die Schalldruckabbildungsdifferenz innerhalb der verschiedenen C-POD-Versionen bei V1 C-PODs überall um ca. 1 dB re 1µPa größer als bei V0 C-PODs (Abbildung 17). In der vorliegenden Stichprobe kam es bei der 12er-Schwelle zu einer Schalldruckpegeldifferenz von insgesamt 7,1 dB re 1µPa (C-POD versionsübergreifend) der Schall-

druckabbildung (Abbildung 17). Bei der Speichergrenze von 255 dIPpp kam es zu einer Differenz von 8,7 dB re 1 $\mu$ Pa (Abbildung 17).

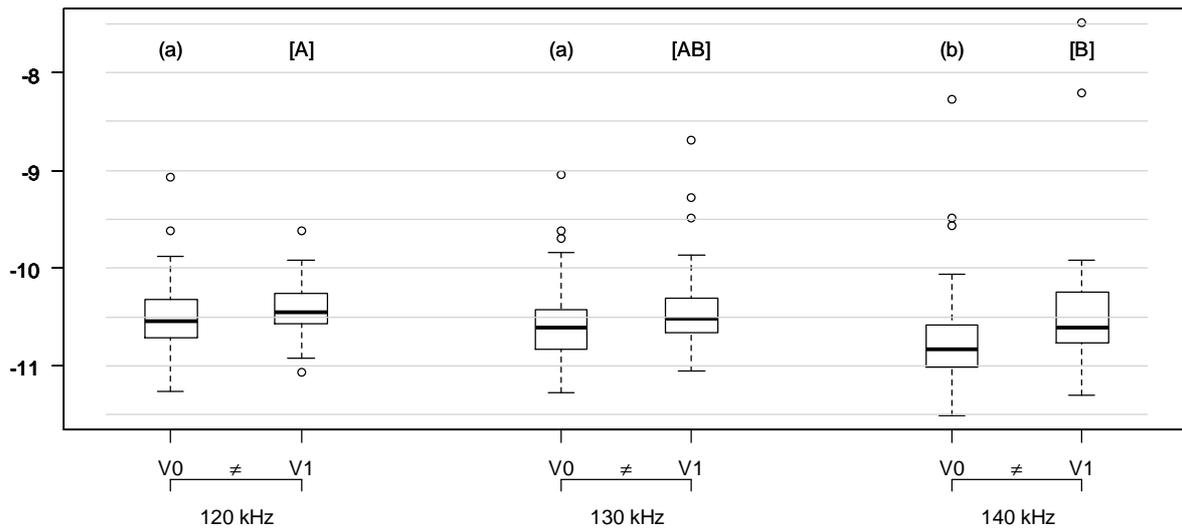


**Abbildung 17: Verteilung der Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion und wichtiger Schalldruckwerte**

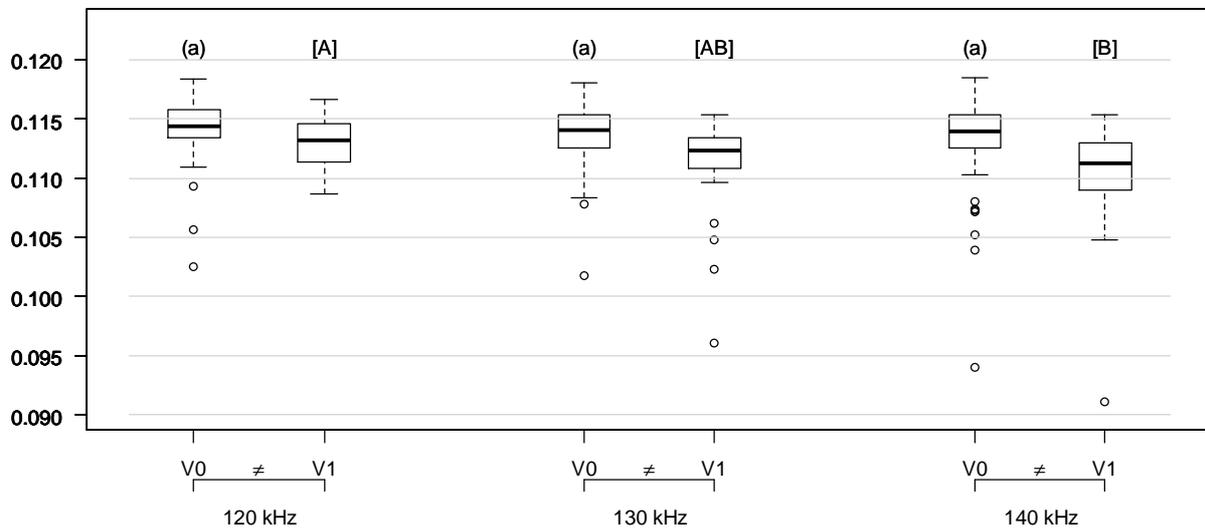
Erklärung:

Die zwei oberen Boxplots visualisieren die Parameter der Geradengleichungen, die zur Übersetzung der beiden Skalen verwendet werden. Der Achsenabschnitt repräsentiert die Sensitivität des C-PODs (je kleiner, umso unsensitiver) wohingegen die Steigung eine Aussage darüber macht wie genau ein ankommender Schalldruck erfasst werden kann (je steiler/ größer, umso genauer) und welcher Wertebereich eines ankommenden Schalldruckpegels (*receiving level*) auf einen eindeutigen Schalldruck (C-POD-intern) abgebildet wird (je steiler/ größer, umso kleinerer Wertebereich). Der untere Boxplot zeigt die konkreten Unterschiede in Dezibel an der Rauschgrenze (8 dIPpp), der 12er-Schwelle (12 dIPpp), der Mittleren 50 %-Schwelle (empirisch bestimmte Werte aus den Kalibrierungen des DMM) und der Aufzeichnungsgrenze (255 dIPpp). Der maximale Unterschied in dB re 1 $\mu$ Pa<sub>pp</sub> ist im Plot über der jeweiligen Gruppe vermerkt. Insgesamt wurden 124 verschiedene C-PODs in die Berechnungen einbezogen, davon 87 in der Version V0 und 37 der Version V1, wobei bei den V1 C-PODs bei zwei Geräten zwei Kalibrierungen vorlagen.

Gelb hinterlegt sind all die Auswertungen die auf den linearen Modellen beruhen bei denen dIPpp-Werte von kleiner oder gleich 20 aus der Bildung ausgeschlossen wurden. Blau hinterlegt sind die Ergebnisse aus den linearen Modellen, in die sämtliche dIPpp-Werte in die Auswertung miteinfließen.



Achsenschnitt bei verschiedenen Frequenzen



Steigung bei verschiedenen Frequenzen

**Abbildung 18: Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion bei verschiedenen Frequenzen**

Erklärung:

Die Boxplots visualisieren die Werte der Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion (dB re 1 $\mu$ Pa in ln(Ppp)) in den kalibrierten Frequenzen 120, 130 und 140 kHz. Insgesamt wurden 124 verschiedene C-PODs in die Berechnungen einbezogen, davon 87 in der Version V0 und 37 der Version V1, wobei bei den V1 C-PODs von zwei Geräten zwei Kalibrierungen vorlagen. Der Achsenschnitt repräsentiert die Sensitivität des C-PODs bei der jeweiligen Frequenz (je kleiner, umso unsensitiver) wohingegen die Steigung eine Aussage darüber macht wie genau ein ankommender Schalldruck erfasst werden kann (je steiler/ größer, umso genauer) und welcher Wertebereich eines ankommenden Schalldruckpegels (receiving level) auf einen eindeutigen Schalldruck (C-POD-intern) abgebildet wird (je steiler/ größer, umso kleinerer Wertebereich). Versionsunterschiede innerhalb der Frequenzen sind durch die Gleichheitszeichen auf der x-Achse gekennzeichnet. Frequenzübergreifende Unterschiede innerhalb der jeweiligen C-POD Version sind durch die Buchstaben oberhalb der Boxen kenntlich gemacht. Auf statistische Unterschiede zwischen den Kategorien wurden mit einem nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Test geprüft; diese sind durch die Buchstaben oberhalb der Boxen gekennzeichnet. Gleiche Buchstaben markieren Gruppen ohne statistisch signifikanten Unterschied, wohingegen ungleiche Buchstaben auf statistisch signifikante Gruppenunterschiede verweisen.

Eine unterschiedlicher Performance bei V0 und V1 C-PODs lässt sich anhand der vorliegenden Stichprobe erkennen: V1 C-PODs sind bei 130 kHz sensitiver (größerer Achsenschnitt; siehe Abbildung 17 und Abbildung 18) als V0 C-PODs und bilden einen größeren Wertebereich (geringere Steigung; siehe Abbildung 17 und Abbildung 18) als diese ab. V0 C-PODs unterschieden sich ebenso wie V1 C-PODs statistisch in ihrer Sensitivität bei 120 und 140 kHz (Abbildung 18). Die Steigung ist für V1 C-

PODs bei einer Frequenz von 140 kHz signifikant unterschiedlich von 120 und 130 kHz: Die Steigung der Schalldruckabbildungsfunktion nimmt ab (Steigung; Abbildung 18) und somit wird der abgebildete Wertebereich größer aber die Abbildung ungenauer. Für V0 C-PODs ist die Steigung in den drei untersuchten Frequenzen statistisch nicht unterschiedlich (Steigung; Abbildung 18).

Kritisch ist, dass V0 und V1 C-PODs Unterschiede in den Steigungen zeigen, denn das deutet darauf hin, dass unterschiedliche aufgezeichnete Schalldrücke nicht nur auf Sensitivitätsunterschiede der C-PODs zurückzuführen sind. Worin dieser kritische Unterschied begründet ist muss sich durch weitere Nachforschungen noch zeigen.

## 6.3 Kalibrierungsergebnisse und Schweinswaldaten

### 6.3.1 Vergleich der Einbindung auf Klick- und Trainebene

Nach Behebung des Bugs in der cpod.exe Version 2.026 wurde bei Überprüfung der entsprechenden Funktionalität in der cpod.exe Version 2.043 kein Fehlverhalten entdeckt. Deshalb wurde angenommen, dass die neue Softwareversion die Daten korrekt filtert.

Durch das Filtern der aufgezeichneten Klicks während der Prozessierung der Daten wird deren Anzahl pro Datensatz um 0,2 bis 71,8 Prozent reduziert (vgl. Tabelle 4). In einem ähnlichen Maße werden ebenfalls die Anzahl der erkannten Trains und damit die Aktivitätsdichte reduziert. Es konnte festgestellt werden, dass der Rückgang der Klicks über die Frequenzen gleichmäßig war (Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21). Die Anzahl an Trains pro Datensatz reduzierte sich um 0,1 bis 25,1 % während sich die Anzahl der erkannten Schweinswalklicks pro Datensatz je nach Filterung um 0,1 % (Einzelfall) erhöhte oder bis 66,2 % reduzierte. Insgesamt reduziert sich die Aktivitätsdichte gemessen in Schweinswalpositiven-Minuten pro Tag um 0,0 bis 54,9 Prozent (Tabelle 6).

Mit strengeren Filterkriterien nimmt die Anzahl der verworfenen Klicks zu (Tabelle 4). So wird im Mittel die Anzahl an Klicks bei der Filterung „SPL 12“ um 11,9 Prozent, bei der Filterung „Mittleren Radius“ um 15,3 Prozent und bei der Filterung „unsensitivster C-POD“ um 59,7 Prozent reduziert. Im Vergleich dazu sinkt die Anzahl der einer Trains zugeordneten Klicks nur um 5,9; 14,7 und 55,2 Prozent (Tabelle 4).

Die Phänologie der Aktivitätsdichte in Schweinswalpositiven Minuten pro Tag weist zwischen den C-PODs einer Station eine hohe Übereinstimmung auf (Abbildung 22), die sich in einer hohen Korrelation widerspiegelt (Tabelle 6). C-PODs, die an der gleichen Verankerung befestigt waren, weisen dabei eine geringfügig höhere Korrelation auf (BSH\_cal\_1: C-POD 422 und 298 oder BSH\_cal\_2: C-POD 308 und 422), als jene, die in etwa 150 bis 200 Meter Abstand ausgebracht wurden (z.B. BSH\_cal\_1: C-POD 422 vs. 419 bzw. 298 vs. 419 - Tabelle 6.a). Hierfür spricht, dass die Korrelation mit zunehmender Filterung der Klicks, die in die Prozessierung eingehen, abnimmt, aber zwischen den beiden C-PODs, die nahe beieinander liegen, am wenigsten abnimmt (Tabelle 6.a). Die Korrelation der C-PODs untereinander war an BSH\_cal\_3 am geringsten und durch die Filterung der Klicks nahm die Korrelation mit zunehmender Filterung ab. Es kann zwar eine Änderung der Phänologie bei BSH\_cal\_1 beobachtet werden, wo die Amplitude der Aktivitätsdichte geringer wird, eine höhere Übereinstimmung der Aktivitätsdichten ist jedoch kaum feststellbar. Es kann jedoch bei BSH\_cal\_3 eine Verringerung der Übereinstimmung der Phänologien bei fortschreitender Filterung beobachtet werden.

Durch Filtern der Trains auf Basis ihres mittleren SPL-Wertes verringert sich die Anzahl an Schweinswal Trains (0,0 bis 73,4 %) und den Klicks (0,0 bis 43,0 %), aus denen diese bestehen (Tabelle 7).

Dies wirkt sich, wie bereits erwähnt, ebenfalls auf die verringerte Aktivitätsdichte aus (Spalte DPM-train in Tabelle 4), die erwartungsgemäß mit zunehmender Filterung abnimmt. Genauso wie bei der Filterung der Klicks kann bei der Filterung auf Basis der Trains eine hohe Korrelation der Aktivitätsdichte zwischen den C-PODs einer Station festgestellt werden. Es zeigt sich auch hier, dass räumlich nah beieinander ausgebrachte C-PODs stärker korrelieren als weiter entfernte. Die Korrelation nimmt ebenfalls bei zunehmender Filterung ab, wobei die Korrelation bei BSH\_cal\_3 am geringsten war (Tabelle 6.b).

Bei keinem der hier vorgestellten Filterkriterien wird das Frequenzverhältnis der aufgezeichneten Klicks verändert, d.h. es werden nicht bestimmte Frequenzen übermäßig herausgefiltert (Abbildung 19 bis Abbildung 21). Jedoch fällt auf, dass die C-PODs, die annähernd an der gleichen Position über den gleichen Zeitraum ausgebracht waren, nicht zwingend die gleichen Frequenzverhältnisse aufweisen (Abbildung 19). Bei den C-PODs der gleichen Version werden die gleichen Hydrophone verbaut, diese wurden vor der Auslieferung durch den Hersteller bei 130 kHz geeicht. Eine Abweichung bei der Aufzeichnung anderen Frequenzen kann demnach vorliegen. Solange bei der Aufzeichnung das Scanlimit, die maximale Anzahl an Klicks, die pro Minute aufgezeichnet werden können, überschritten wird, wirkt sich dies auch nicht auf die Detektionswahrscheinlichkeit aus, da die C-PODs im Frequenzbereich um 130 kHz, die hauptsächlich von Schweinswalen benutzt wird ähnlich sind. Trotzdem könnte eine Kalibrierung über den gesamten Frequenzbereich sinnvoll sein.

**Tabelle 4: Anzahl an aufgezeichneten Klicks (all Klicks), Klicks die zu Trains (filtered Klicks) zusammengesetzt werden und Klicks von Schweinswalen (positive Klicks)**

all Klicks	PODID	ungefiltert	SPL 12	Mittlere 50 %-Schwelle	Unsensitivster C-POD
BSH_cal_1	0298	6.510.021	6.493.233	5.474.003	3.139.276
	0419	5.868.518	5.845.878	4.260.061	2.162.931
	0422	7.029.812	7.002.675	5.735.018	1.981.824
BSH_cal_2	0305	9.622.414	9.607.226	7.767.332	4.966.130
	0308	3.260.098	3.241.184	3.241.184	2.188.297
	0422	4.553.089	4.527.100	3.847.975	1.660.396
BSH_cal_3	0427	1.204.968	1.199.328	1.199.328	649.966
	0735	653.669	408.712	467.355	200.995
	0961	628.144	438.307	540.379	185.379

filtered Klicks	PODID	ungefiltert	SPL 12	Mittlere 50 %-Schwelle	Unsensitivster C-POD
BSH_cal_1	0298	307.783	306.241	251.733	144.668
	0419	197.663	196.703	136.251	62.155
	0422	378.671	375.576	302.636	112.394
BSH_cal_2	0305	457.599	456.617	369.368	252.853
	0308	287.373	285.224	285.224	200.820
	0422	367.535	365.208	313.344	152.217
BSH_cal_3	0427	56.999	56.620	56.620	31.969
	0735	41.644	31.738	34.499	17.666
	0961	35.426	26.563	31.878	10.503

positive Klicks	PODID	ungefiltert	SPL 12	Mittlere 50 %-Schwelle	Unsensitivster C-POD
BSH_cal_1	0298	128.264	128.043	111.437	76.141
	0419	97.230	96.884	73.415	37.284
	0422	163.933	162.675	141.708	73.251
BSH_cal_2	0305	214.507	214.202	169.927	112.895
	0308	183.475	183.333	183.333	137.274
	0422	228.815	229.022	200.405	107.749
BSH_cal_3	0427	30.995	30.947	30.947	19.235
	0735	23.809	20.100	21.645	12.072
	0961	37.466	29.018	35.908	12.670

**Tabelle 5: Anzahl aufgezeichneter Klicks, Verhältnis zwischen ungefilterter und gefilterter Prozessierung, Aktivitätsdichte der gefilterten Klicks (DPM) und der gefilterten Trains (DPM-train)**

BSH_cal_1	C-POD 298				C-POD 419				C-POD 422			
	Prozessierung	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM
ungefiltert	6819454	100,0	3120	3120	6172122	100,0	2738	2738	7349941	100,0	3841	3841
SPL 12	6801677	99,7	3120	3120	6148959	99,6	2728	2738	7321138	99,6	3824	3841
Mittlere 50 %-Schwelle	5754878	84,4	2815	3052	4501620	72,9	2203	2249	5439069	74,0	3454	3295
Unsensitivster C-POD	2994938	43,9	2095	2293	2164670	35,1	1343	1511	1925814	26,2	2093	2311

BSH_cal_2	C-POD 305				C-POD 422				C-POD 308			
	Prozessierung	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM
ungefiltert	9734433	100,0	4280	4280	787063	100,0	4757	4757	3403311	100,0	4106	4106
SPL 12	9719005	99,8	4273	4280	494247	62,8	4748	4757	3383531	99,4	4088	4106
Mittlere 50 %-Schwelle	9074151	93,2	3595	3967	585184	74,4	4294	4180	3403311	100,0	4088	4106
Unsensitivster C-POD	4692134	48,2	2679	2896	245508	31,2	2818	3062	2090366	61,4	3334	3365

BSH_cal_3	C-POD 735				C-POD 961				C-POD 427			
	Prozessierung	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM	DPM-train	Klicks	Anteil [%]	DPM
ungefiltert	787063	100,0	627	627	674598	100,0	510	510	1286156	100,0	618	618
SPL 12	494247	62,8	544	622	468687	69,5	429	505	1280172	99,5	616	618
Mittlere 50 %-Schwelle	585184	74,4	574	595	600856	89,1	483	439	1286156	100,0	616	614
Unsensitivster C-POD	245508	31,2	361	411	210639	31,2	230	294	696352	54,1	430	472

Erklärung **ungefilterte**: Prozessierung ohne Anwendung von Filtern; **SPL12**: SPL 12, Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5; **Mittlere 50 %-Schwelle** des individuellen C-PODs: SPL gemäß Grenzwertes des Deutschen Meeresmuseums; Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5; **Unsensitivster C-POD**: SPL: des unsensitivsten C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5; **Klicks**: Anzahl an Klicks die durch Filterung in die Prozessierung einfließen; **Anteil (%)**: Anteil an Klicks die einfließen im Vergleich zu den ungefilterten Daten; **DPM**: Detection positive Minutes durch Filterung der Klicks vor der Prozessierung; **DPM-train**: Ist die Aktivitätsdichte (DPM/Tag), die sich durch die Filterung der Trains nach der Prozessierung ergibt.

**Tabelle 6: Spearman Rangkorrelation der Aktivitätsdichte (DPM/Tag)**

a. Aktivitätsdichte durch Filterung der Klicks

<b>BSH_cal_1</b>				<b>BSH_cal_2</b>				<b>BSH_cal_3</b>			
ungefiltert	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	ungefiltert	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	ungefiltert	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.943	1.000		C-POD 308	0.947	1.000		C-POD 735	0.875	1.000	
C-POD 422	0.983	0.951	1.000	C-POD 422	0.952	0.987	1.000	C-POD 961	0.874	0.866	1.000

<b>SPL12</b>	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	<b>SPL12</b>	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	<b>SPL12</b>	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.943	1.000		C-POD 308	0.947	1.000		C-POD 735	0.851	1.000	
C-POD 422	0.983	0.951	1.000	C-POD 422	0.952	0.987	1.000	C-POD 961	0.753	0.806	1.000

<b>Mittlere 50 %-Schwelle</b>	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	<b>Mittlere 50 %-Schwelle</b>	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	<b>Mittlere 50 %-Schwelle</b>	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.943	1.000		C-POD 308	0.940	1.000		C-POD 735	0.849	1.000	
C-POD 422	0.982	0.929	1.000	C-POD 422	0.946	0.988	1.000	C-POD 961	0.730	0.737	1.000

<b>unsensitivster C-POD</b>	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	<b>unsensitivster C-POD</b>	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	<b>unsensitivster C-POD</b>	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.934	1.000		C-POD 308	0.934	1.000		C-POD 735	0.849	1.000	
C-POD 422	0.988	0.926	1.000	C-POD 422	0.937	0.984	1.000	C-POD 961	0.648	0.643	1.000

b. Aktivitätsdichte durch Filterung der Trains

<b>BSH_cal_1</b>				<b>BSH_cal_2</b>				<b>BSH_cal_3</b>			
ungefiltert	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	ungefiltert	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	ungefiltert	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.943	1.000		C-POD 308	0.947	1.000		C-POD 735	0.875	1.000	
C-POD 422	0.983	0.951	1.000	C-POD 422	0.952	0.987	1.000	C-POD 961	0.874	0.866	1.000

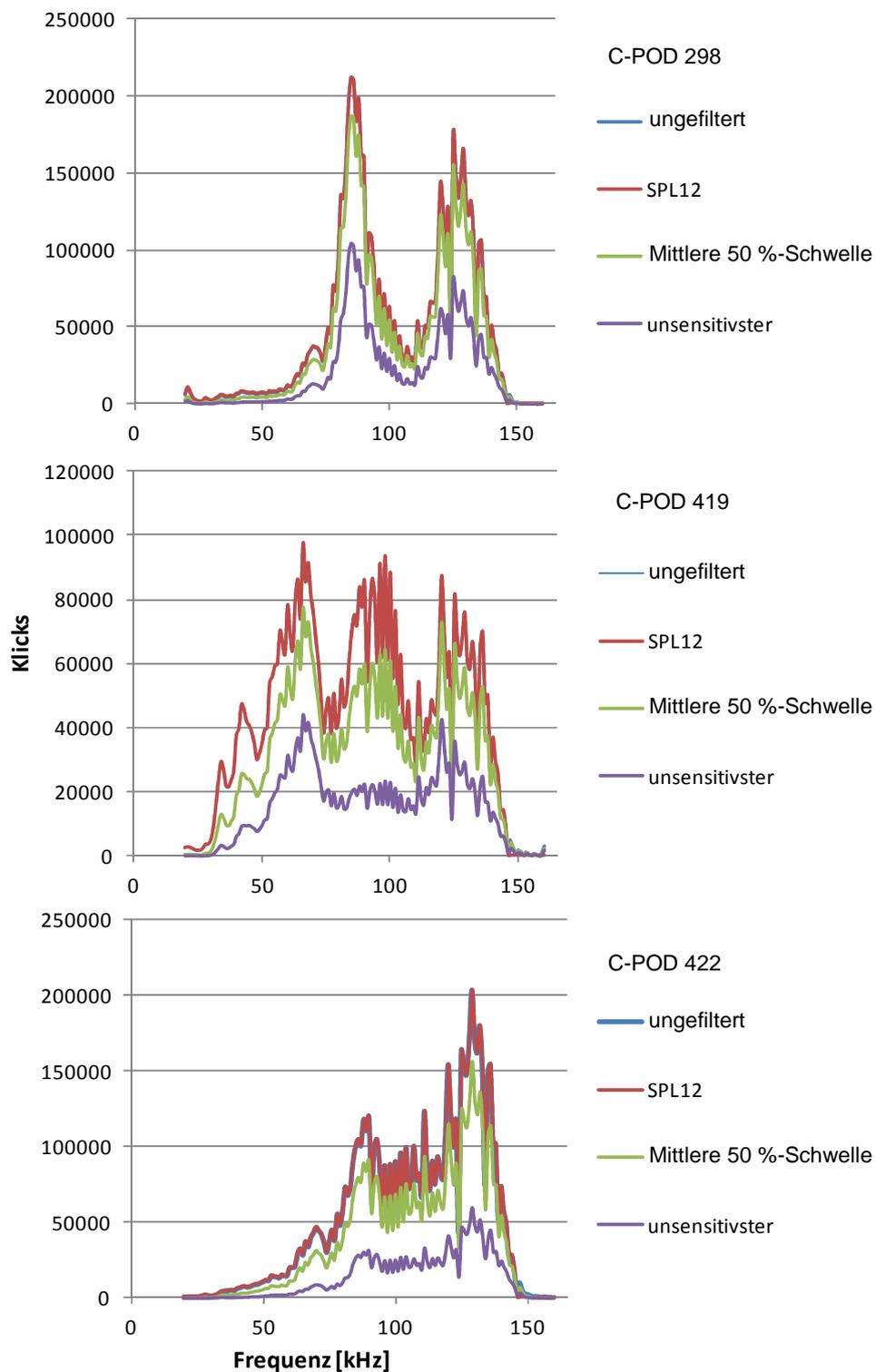
SPL12	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	SPL12	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	SPL12	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.942	1.000		C-POD 308	0.946	1.000		C-POD 735	0.848	1.000	
C-POD 422	0.983	0.951	1.000	C-POD 422	0.951	0.986	1.000	C-POD 961	0.752	0.808	1.000

Mittlere 50 %-Schwelle	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	Mittlere 50 %-Schwelle	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	Mittlere 50 %-Schwelle	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.928	1.000		C-POD 308	0.935	1.000		C-POD 735	0.842	1.000	
C-POD 422	0.983	0.923	1.000	C-POD 422	0.941	0.985	1.000	C-POD 961	0.758	0.838	1.000

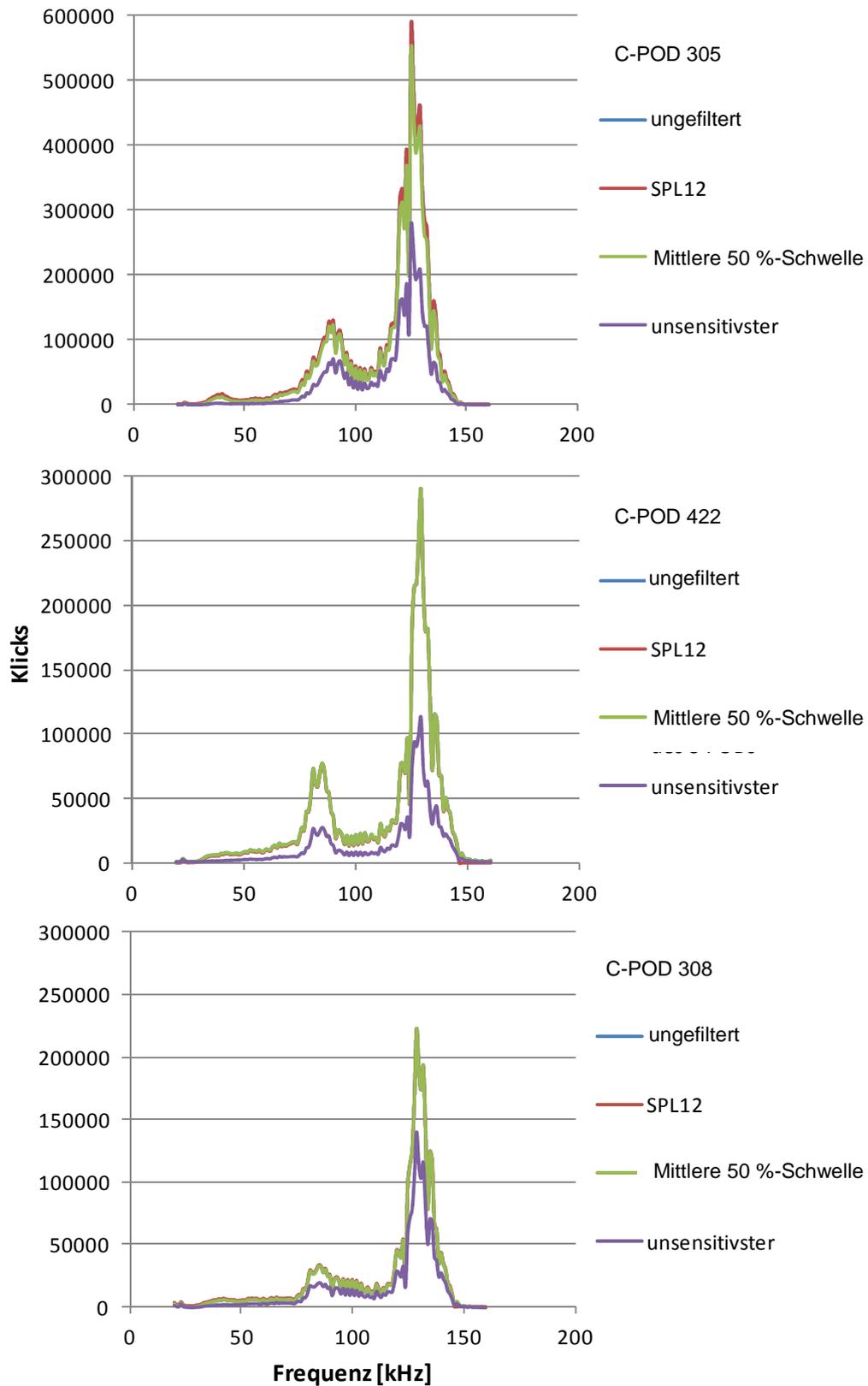
unsensitivster C-POD	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	unsensitivster C-POD	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	unsensitivster C-POD	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
C-POD 298	1.000			C-POD 305	1.000			C-POD 427	1.000		
C-POD 419	0.909	1.000		C-POD 308	0.920	1.000		C-POD 735	0.797	1.000	
C-POD 422	0.983	0.923	1.000	C-POD 422	0.928	0.979	1.000	C-POD 961	0.656	0.717	1.000



**Abbildung 19:** Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station S9 zwischen 16. April und 26. Juni 2010

Erklärung

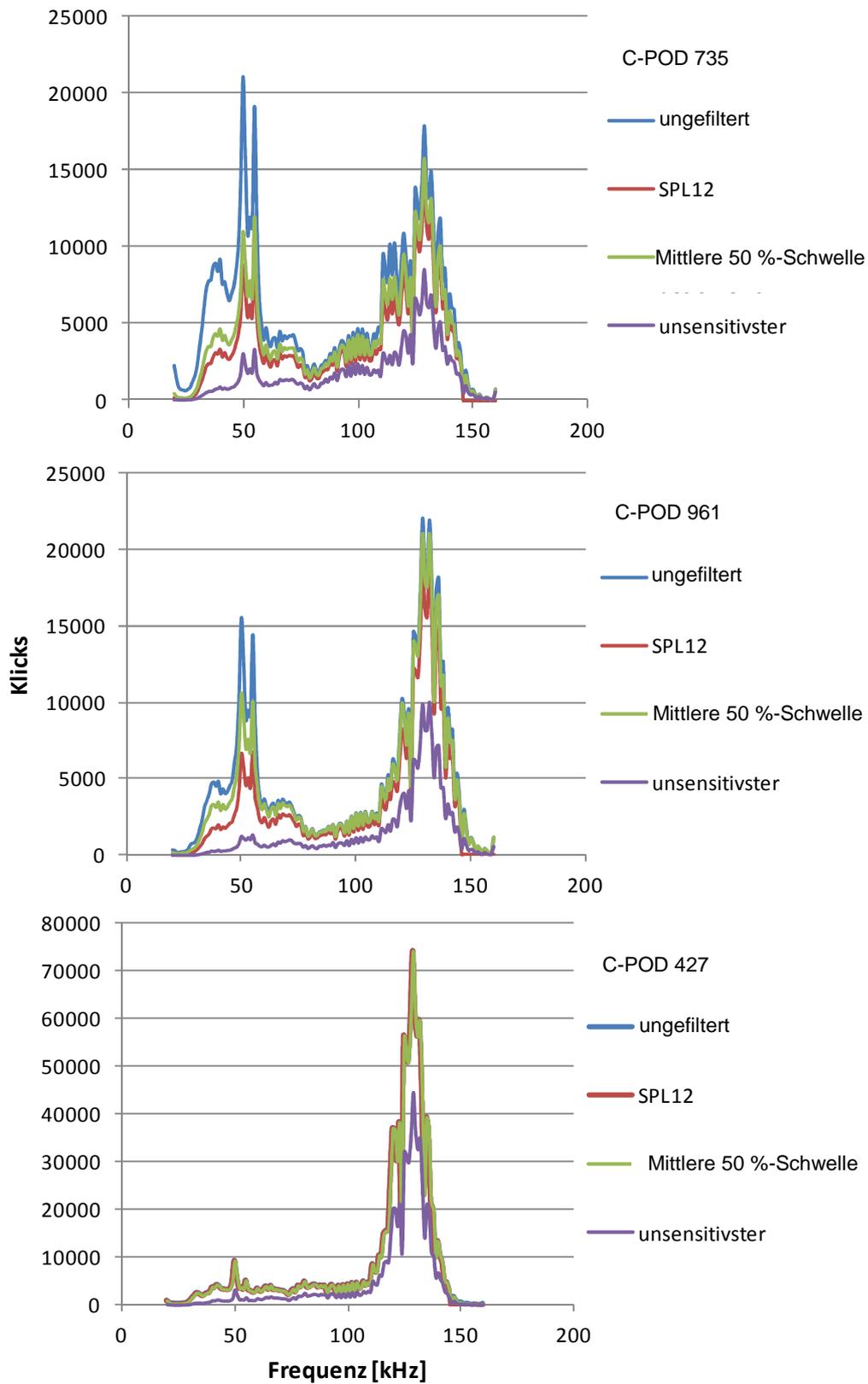
blau: ungefilterte Prozessierung; rot: SPL: 12, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; grün: SPL: Mittlere 50 %-Schwelle des individuellen C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; lila: SPL: des unsensitivsten C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5



**Abbildung 20:** Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station S3 zwischen 10. September und 17. Oktober 2010

Erklärung

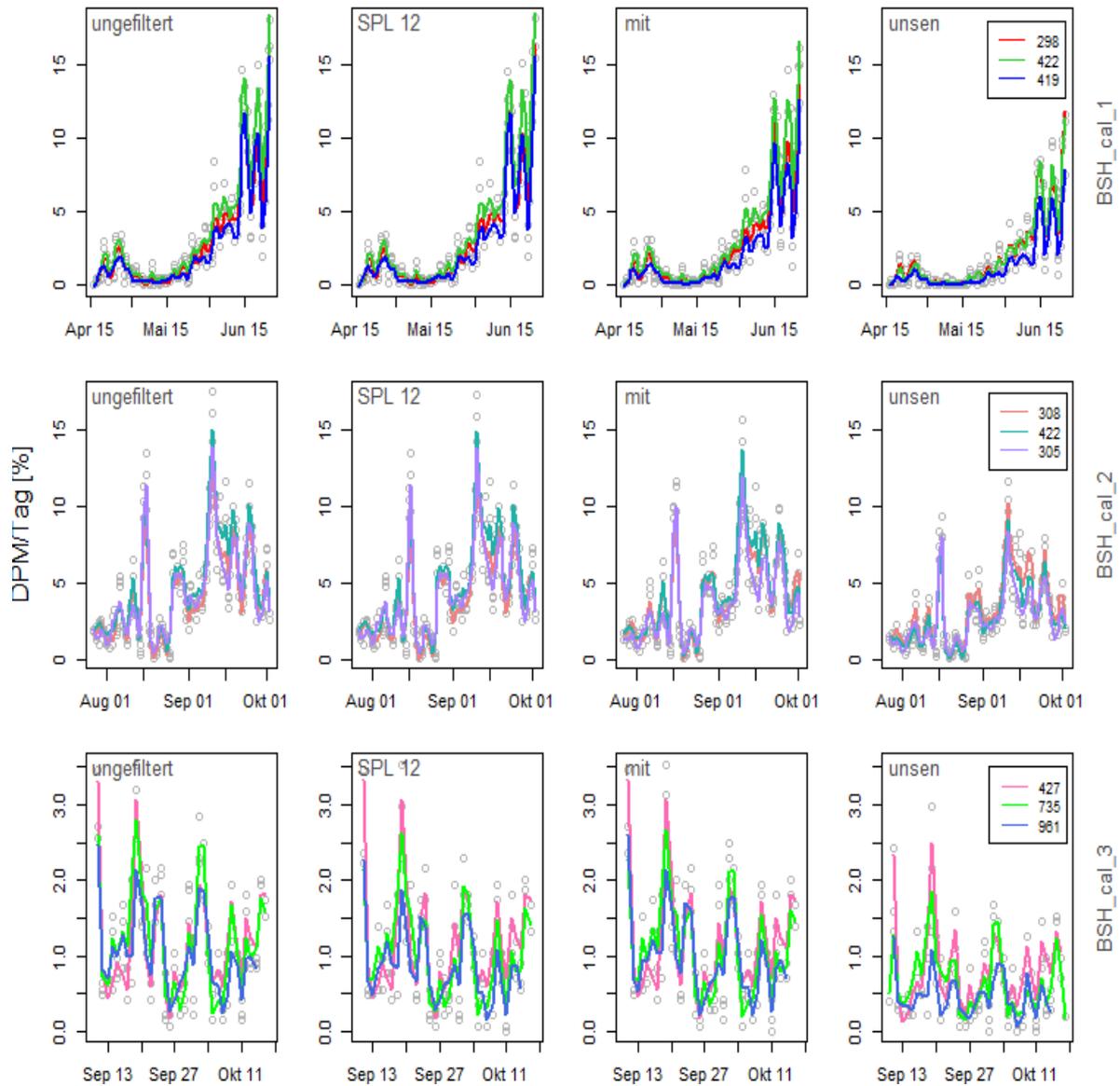
blau: ungefilterte Prozessierung; rot: SPL: 12, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; grün: SPL: Mittlere 50 %-Schwelle des individuellen C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; lila: SPL: des unsensitivsten C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5



**Abbildung 21:** Frequenzverteilung der aufgezeichneten Klicks an den drei C-PODs der POD-Station 9 zwischen 16. April und 26. Juni 2010

Erklärung

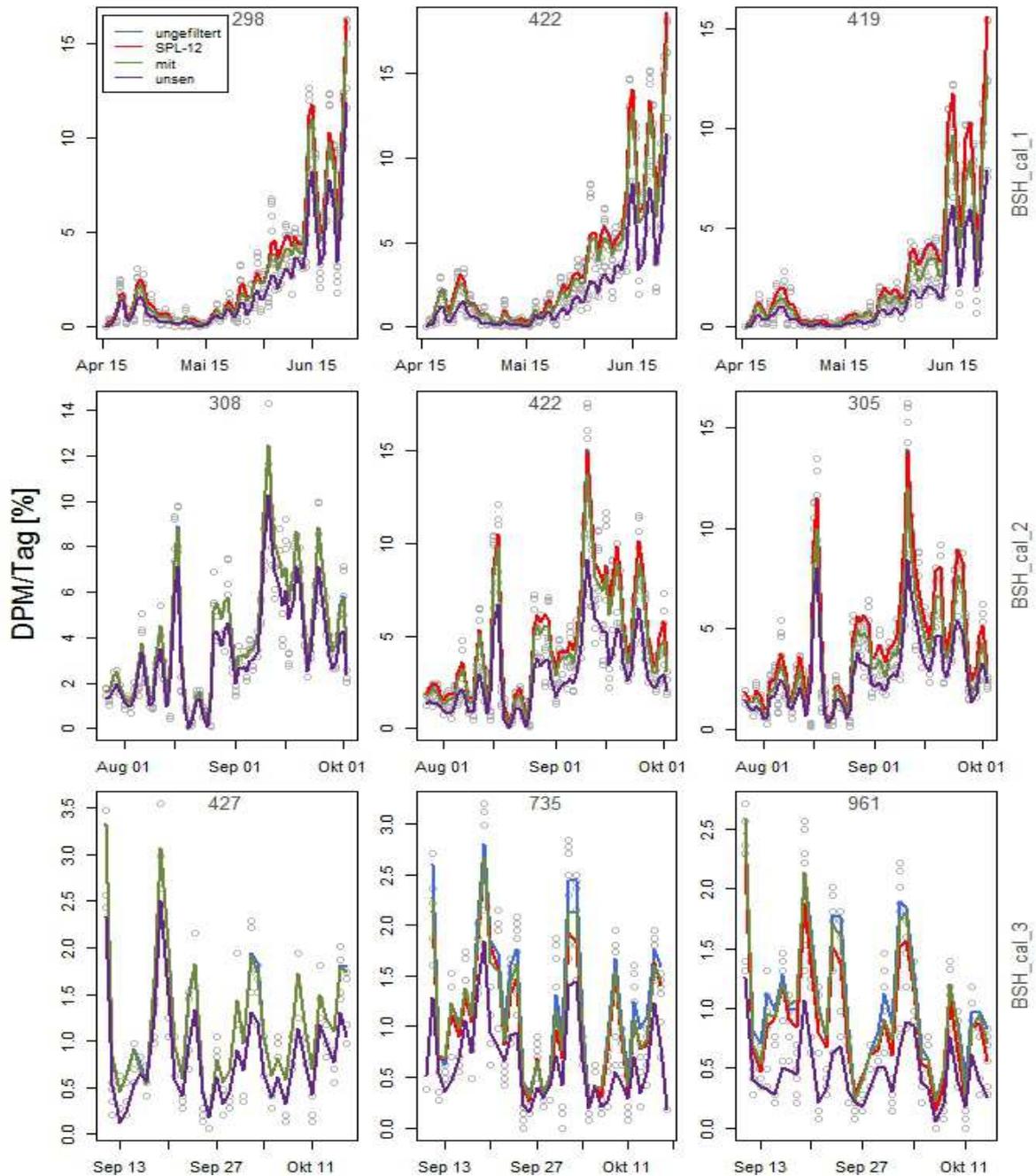
blau: ungefilterte Prozessierung; rot: SPL: 12, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; grün: SPL: Mittlere 50 %-Schwelle des individuellen C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5; lila: SPL: des unsensitivsten C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Cycle: min 5



**Abbildung 22: Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte pro Station und vorgenommener Filterung der Klicks vor der Prozessierung**

Erklärung

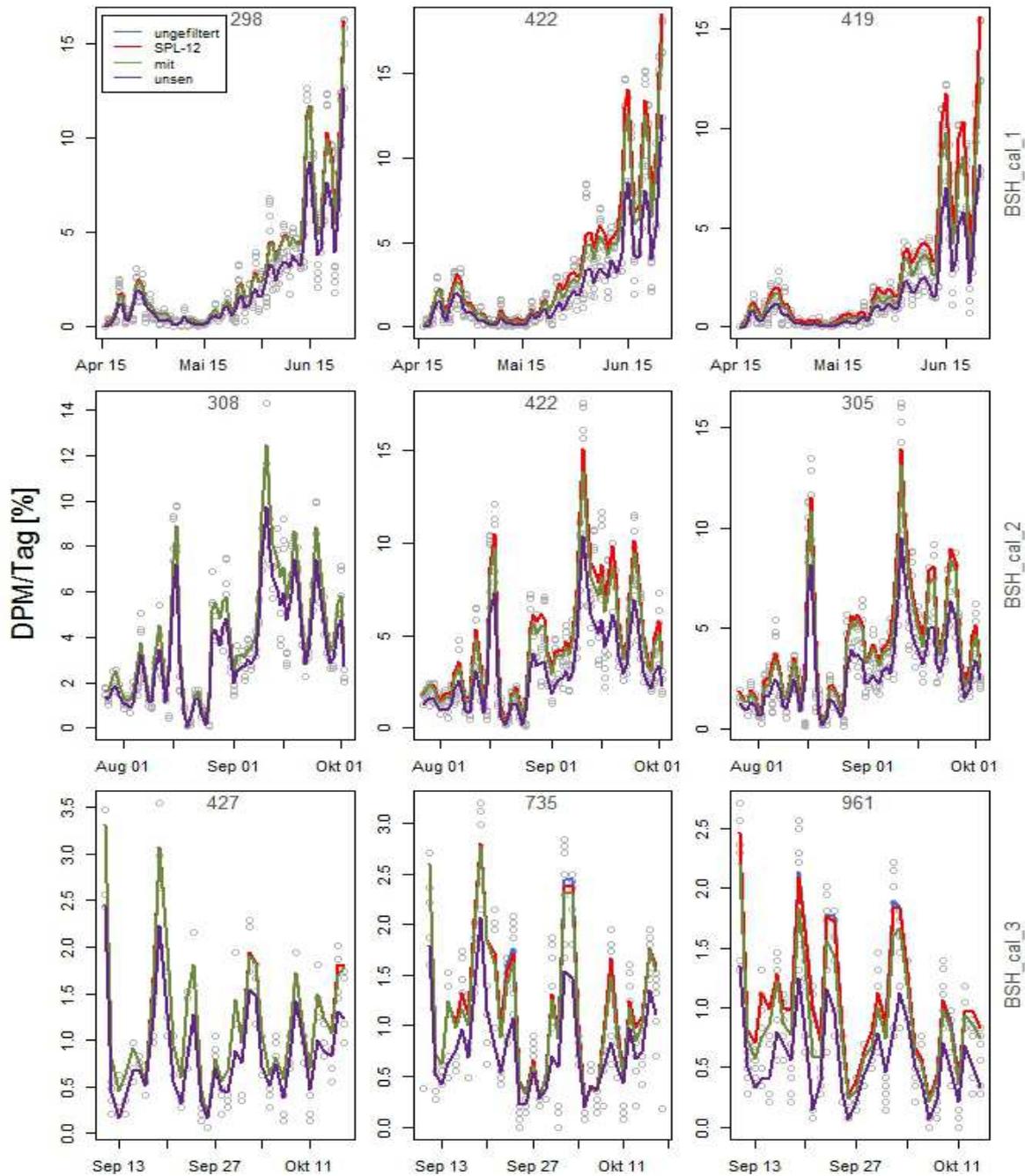
**ungefiltert:** keine Filterung vor der Prozessierung; **SPL\_12:** Filterung anhand des unreferenzierten Schalldruck-Werts SPL 12; **mit** Filterung anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des individuellen C-PODs entspricht; **unsen:** Filterung anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des unsensivsten C-PODs entspricht.



**Abbildung 23:** Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte an den drei C-PODs der drei ausgewerteten Zeiträume; Filterung während der Prozessierung

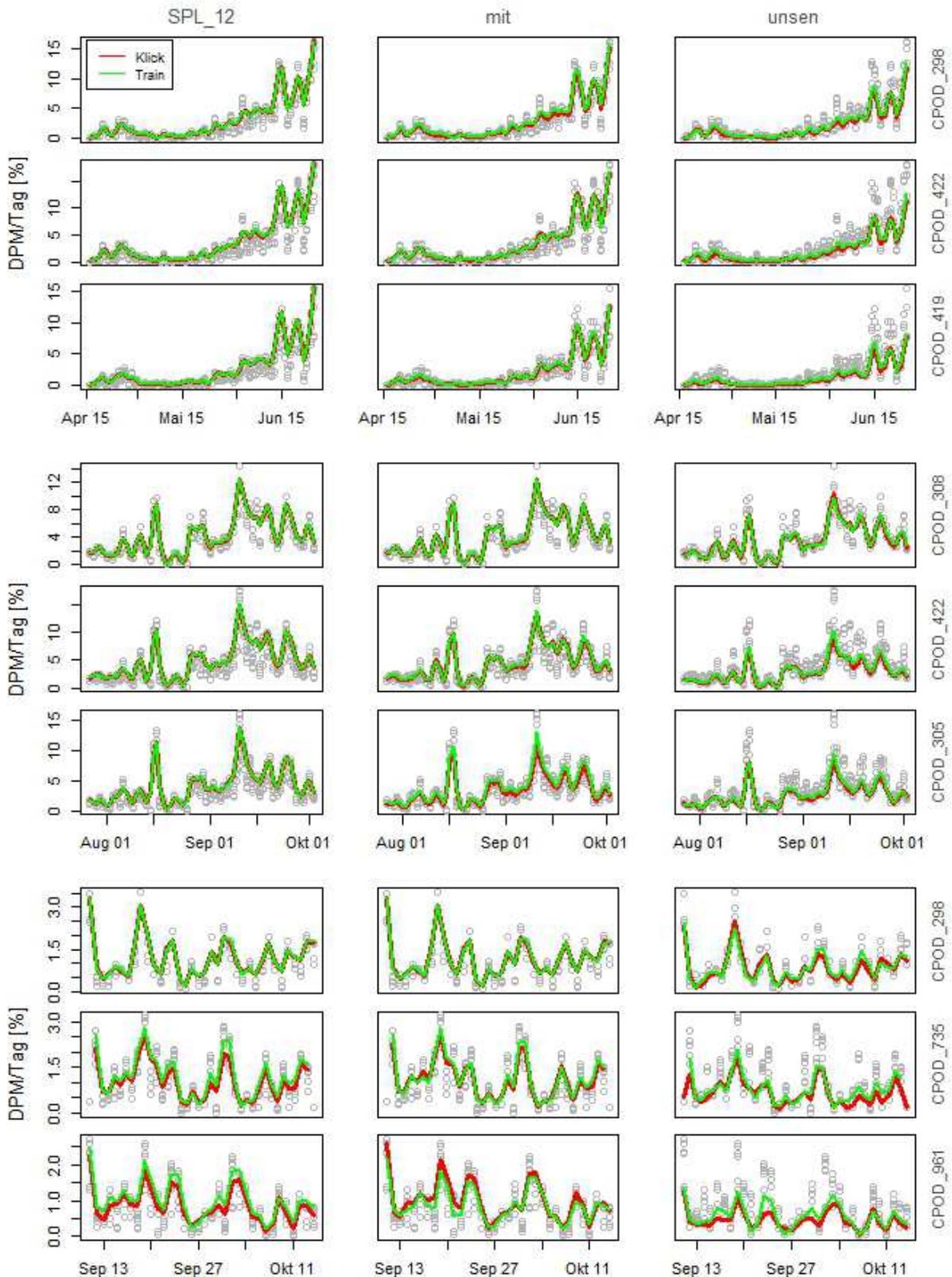
Erklärung

blau: ungefilterte Prozessierung; rot: SPL: 12, Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5; grün: SPL: Mittlere 50 %-Schwelle des individuellen C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5; lila: SPL: des unsensitivsten C-PODs, Frequenz: 20-145 kHz, Zyklus: min 5



**Abbildung 24:** Zeitlicher Verlauf der Aktivitätsdichte an den drei C-PODs der drei ausgewerteten Zeiträume; Filterung anhand des mittleren Schalldrucks der Trains

Erklärung blau: ungefilterte Trains; rot: Trains gefiltert anhand SPL: 12; grün: SPL: Trains gefiltert an 50:50-% Grenze des individuellen C-PODs; lila: Trains gefiltert an 50:50-% Grenze des unsensivsten C-PODs.



**Abbildung 25: Vergleich der Filterung vor der Prozessierung anhand der Klicks (rot) und nach der Prozessierung anhand der Trains (grün)**

Erklärung

rot: Aktivitätsdichte durch Filterung der Klicks; grün: Aktivitätsdichte durch Filterung der Trains; **SPL\_12**: Filterung anhand des unreferenzierten Schalldruck-Werts SPL 12; **mit**: Filterung anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des individuellen C-PODs entspricht; **unsen**: Filterung anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des unsensivsten C-PODs entspricht.

**Tabelle 7: Anzahl an Klicks die durch Filterung der Trains nach der Prozesssierung in die Analyse einfließen (Spearman-Rang-Korrelation)**

Stationsteil	BSH_cal_1			BSH_cal_2			BSH_cal_3		
C-POD	0298	0419	0422	0305	0308	0422	0427	0735	0961
ungefiltert	128264	97230	163933	214507	183475	228815	30995	23809	73640
train_SPL_12	128264	97230	163933	214507	183475	228815	30995	23613	37466
train_mit	126169	82980	149770	198318	183475	209024	30892	22908	65344
train_unsen	96862	54219	101736	140659	149387	141558	23034	16302	43140

Erklärung **ungefiltert:** original eingelesene Daten; **train\_SPL\_12:** Filterung der Trains anhand des unreferenzierten Schalldruck-Werts SPL 12; **train\_mit** Filterung der Trains anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des individuellen C-PODs entspricht; **train\_unsen:** Filterung der Trains anhand des SPL-Wertes der der 50:50-% Grenze des unsensivsten C-PODs entspricht.

Wenn man die Aktivitätsdichten, die durch verschiedene Filterung berechnet wurden, untereinander vergleicht, stellt man fest, dass nur geringe Unterschiede vorliegen (Abbildung 23 und Tabelle 6.a). Grundsätzlich ist bei Filterung auf Basis der Trains die Aktivitätsdichte immer höher als bei Filterung auf Basis der Klicks (Abbildung 25 und Tabelle 4). Es besteht bei allen C-PODs eine hohe Korrelation zwischen den Aktivitätsdichten der ungefilterten C-POD-Daten der anhand der Klicks gefilterten C-POD-Daten (Tabelle 6.a). Ebenfalls besteht bei allen C-PODs eine hohe Korrelation zwischen den Aktivitätsdichten der ungefilterten C-POD-Daten mit der, nach Prozesssierung, auf Basis der Trains gefilterten C-POD-Daten (Tabelle 6.b). Ebenfalls stark korreliert sind die Aktivitätsdichten nach Filterung auf Klick- bzw. Trains (Tabelle 8). Nur der C-POD 961 weist beim Vergleich der beiden gefilterten Datensätze einen geringeren Korrelations-Wert auf als die übrigen C-PODs. Abschließend kann anhand dieser Analysen gesagt werden, dass die Filterung auf der Ebene der Trains eine annehmbar gute Alternative zur Filterung auf Basis der Klicks darstellt (Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 25).

**Tabelle 8: Vergleich der Aktivitätsdichten der ungefilterten Daten, der vor und der nach der Prozesssierung gefilterten Daten (Spearman-Rang-Korrelation)**

	BSH_cal_1			BSH_cal_2			BSH_cal_3		
Klicks vs. ungefiltert	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
SPL12	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.985	0.985
Mittlerer Radius	0.998	0.997	0.998	0.995	0.999	0.996	0.999	0.993	0.990
unsensitivster C-POD	0.992	0.990	0.991	0.985	0.994	0.986	0.974	0.933	0.933
Trains vs. ungefiltert	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
SPL12	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.998	0.999	0.997	0.981
Mittlerer Radius	0.999	0.999	0.996	0.999	1.000	0.998	0.999	0.998	0.984
unsensitivster C-POD	0.997	0.996	0.995	0.992	0.997	0.994	0.982	0.961	0.956

Trains vs. Klicks	C-POD 298	C-POD 419	C-POD 422	C-POD 305	C-POD 308	C-POD 422	C-POD 427	C-POD 735	C-POD 961
<b>SPL12</b>	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.986	0.856
<b>Mittlerer Radius</b>	0.999	0.998	0.999	0.997	0.999	0.996	0.999	0.991	0.823
<b>unsensitivster C-POD</b>	0.995	0.994	0.991	0.993	0.992	0.991	0.982	0.967	0.732

Erklärung

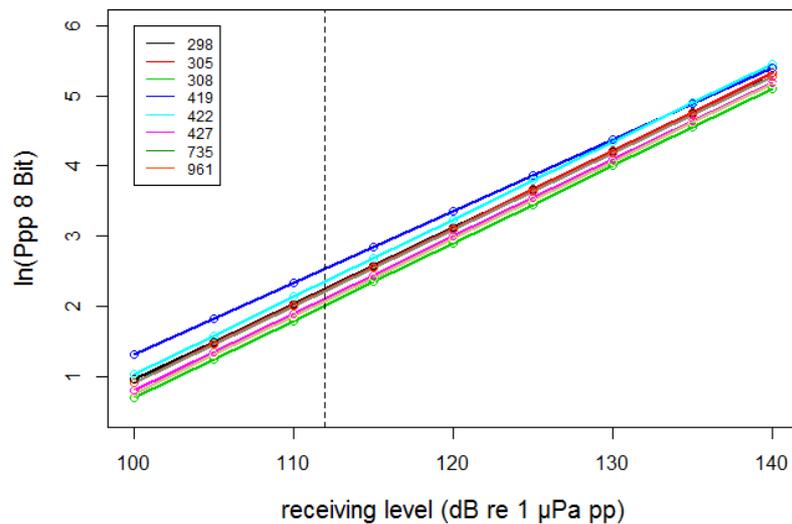
Klick vs. ungefiltert: Vergleich zwischen den vor der Prozesssierung an den Klicks gefilterten Daten und den nicht gefilterten Daten; Trains vs. ungefiltert: Vergleich zwischen den nach der Prozesssierung an den Trains gefilterten Daten und den nicht gefilterten Daten; Trains vs. Klicks: Vergleich zwischen den nach der Prozesssierung an den Trains gefilterten Daten und vor der Prozesssierung an den Klicks gefilterten Daten.

Die acht zufällig ausgewählten C-PODs weisen unterschiedliche Schwellenwerte auf (Tabelle 9). Die Anzahl der aufgezeichneten Klicks spiegeln diese Werte nicht zwingend wider. Gründe hierfür sind, dass diese Grenzwerte für die Eichfrequenz von 130 kHz bestimmt wurden, aber Klicks über den gesamten Bereich von 20 bis 145/160 kHz aufgezeichnet werden können und unterschiedliche Frequenzen andere Grenzwerte aufweisen (Abbildung 26 und Abbildung 27). Für Frequenzen unter 100 kHz liegen keine Kalibrierungsergebnisse vor, weshalb darüber keine Aussage getroffen werden können. C-PODs zeichnen zwar Klicks bis 20 kHz auf, da aber Schweinswalklicks meistens zwischen 120 und 150 kHz liegen, setzte das Deutsche Meeresmuseum den Fokus auf den Frequenzbereich zwischen 100 und 140 kHz.

Der C-POD 298 ist unsensitiver als C-POD 419 oder 422 (ausgebracht bei BSH\_cal\_1), dennoch zeichnet dieser mehr Klicks auf als der C-POD 419 (Abbildung 27). Ebenfalls ist die Aktivitätsdichte vergleichbarer zu C-POD 422 als zu C-POD 419 (Tabelle 4, Abbildung 22). Anders zeigt es sich bei C-POD 308, der zusammen mit den C-PODs 422 und 305 bei BSH\_cal\_2 zum Einsatz kam. Dieser C-POD weist eine geringere Sensitivität auf als die beiden anderen C-PODs (Tabelle 9; Mittlere 50 %-Schwelle), er zeichnet weniger Klicks auf und weist eine geringere Aktivitätsdichte auf. Die C-PODs 427, 735 und 961, die bei BSH\_cal\_3 eingesetzt wurden, weisen ähnliche Grenzwerte auf, dennoch zeichnen die Geräte verschieden viele Klicks auf und die Aktivitätsdichte ist ebenfalls verschieden (Tabelle 4 und Tabelle 9). Die Filterung der Klicks reduziert die Anzahl an aufgezeichneten Klicks und damit die Klicks, die später Trains bilden, sowie die darauf basierende Aktivitätsdichte

**Tabelle 9: Sensitivität der C-PODs bei 130 kHz, Grenzwerte der individuellen C-PODs inkl. Rang**

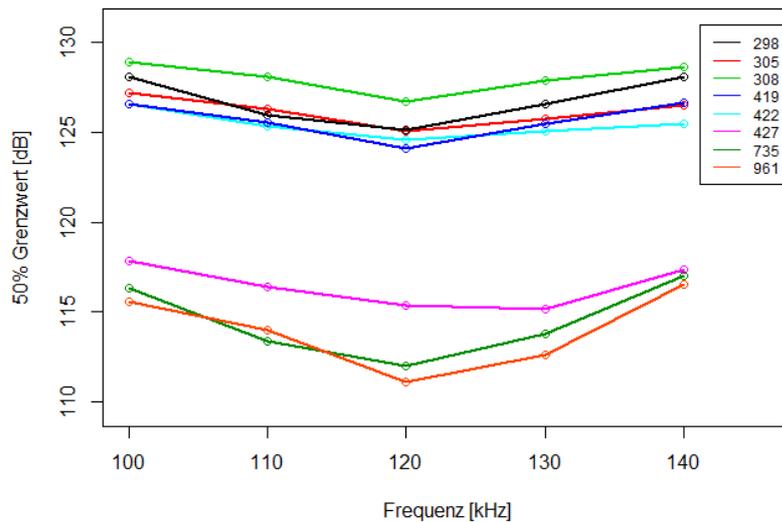
C-POD	Mittlere 50 %-Schwelle (dB)	Rang Mittlere 50 %-Schwelle (dB)	12er-Schwelle [dB]	Rang 12er-Schwelle
289	120,1	1	114,1	6
305	116,2	3	114,3	5
308	116,4	2	116,3	1
419	114,8	6	111,5	8
422	115,3	4	113,2	7
427	115,2	5	115,4	3
735	113,9	7	115,7	2
961	112,8	8	114,4	4



**Abbildung 26:** Zusammenhang zwischen C-POD-internem unreferenziertem Schalldruck und dem Schalldruckpegel in dB re 1µPa am Beispiel der analysierten C-PODs bei 130 kHz

Erklärung

gestrichelte Linie schwarz SPL 12; durchgezogene Linien: Kalibrierungslinie



**Abbildung 27:** Frequenzabhängigkeit der Sensitivität von C-PODs anhand der Bestimmung des 50/50 Grenzwertes der individuellen C-PODs (Threshold [dB]).

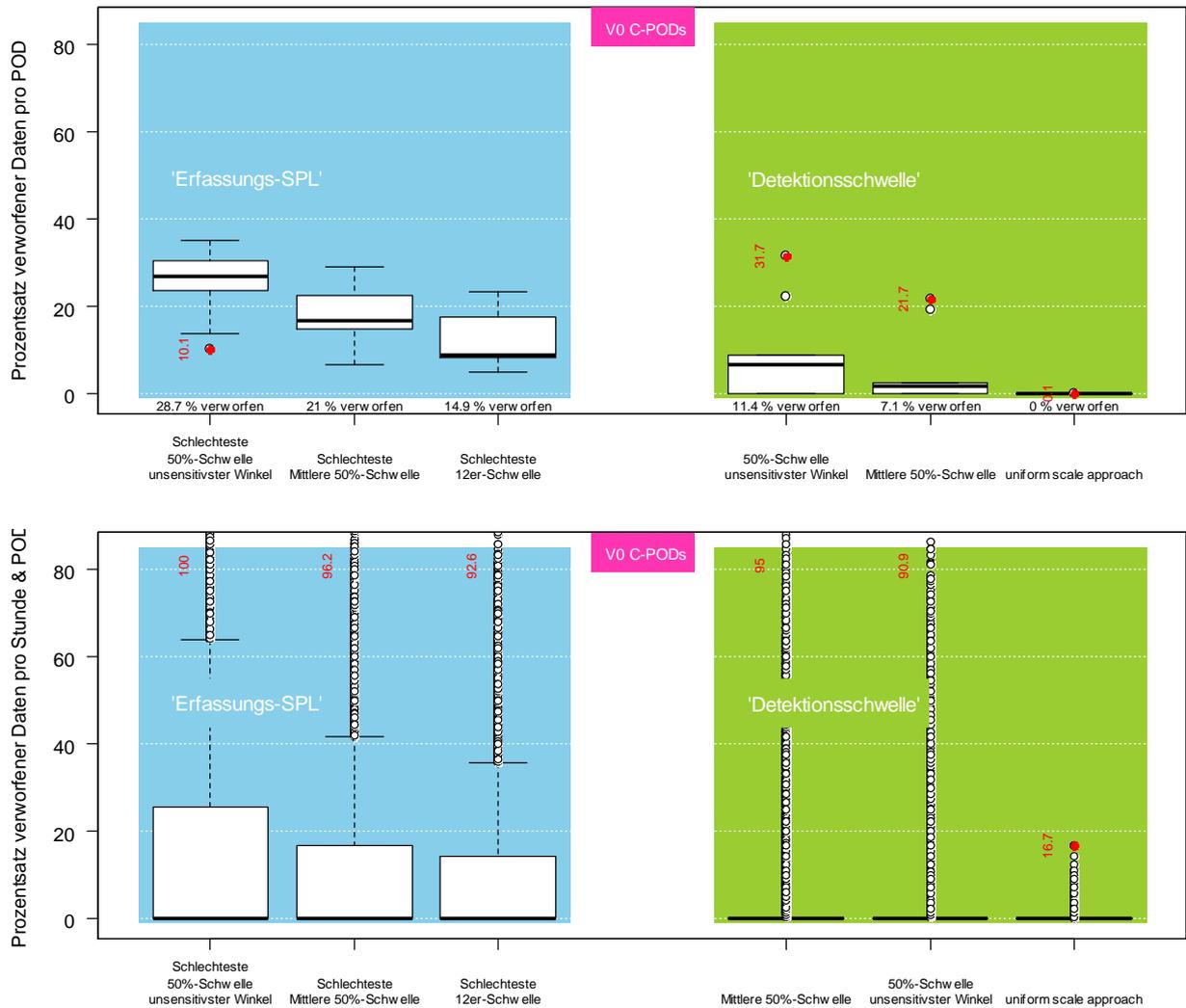
### 6.3.2 Schweinswaldaten auf Trainebene

Aufgrund beschränkter Rechenkapazitäten war es bei der von 124 C-PODs im Laufe der Jahre angefallenen Datenmenge in dem zur Verfügung stehenden Zeitraum nicht möglich, sämtliche Daten auszuwerten. Zur Umsetzung des Prinzips „Erfassungs-SPL“ wurden jedoch die maximalen Grenzwerte aus dem gesamten Datenpool der vorliegenden Kalibrierungsergebnisse gewählt und auf einen zufällig ausgewählten Datenpool von Traindaten angewendet. Aus jeder C-POD-Generation wurden zufällig 9 C-PODs ausgewählt, deren Traindaten nach den vorgestellten Prinzipien beschnitten, analysiert und die Ergebnisse graphisch dargestellt wurden (Abbildung 28 und Abbildung 29).

Der Median der pro C-POD verworfenen Traindatensätze liegt im Prinzip „Erfassungs-SPL“ mit Schwellenwert schlechtester 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel für V0 bei 27 % und für V1 C-PODs bei 29,5 % (jeweils oberer Plot, Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Insgesamt sind bei V0 und V1 C-PODs ebenfalls ca. 30 % aller Datensätze dieser Kategorie verworfen worden. Für die schlechteste Mittlere 50 %-Schwelle nach Prinzip „Erfassungs-SPL“ ist der Median der verworfenen Traindaten für V0 C-PODs 16,8 % und für V1 C-PODs 20,1 % (jeweils oberer Plot, Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Insgesamt wurden bei V0 C-PODs in dieser Kategorie 21,0 % und bei V1 C-PODs 21,7 % der Traindaten verworfen – der Unterschied beträgt also nur 0,7 % Prozentpunkte. Für die 12er-Schwelle liegt der Median der verworfenen Traindaten bei 9 % (V0 C-PODs) bzw. 12,7 % (V1 C-PODs) und insgesamt bei 14,9 % (V0 C-PODs) bzw. 14,7 % (V1 C-PODs) (jeweils oberer Plot, Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29).

Wesentlich weniger Daten werden bei der Umsetzung des Prinzips „Detektionsschwelle“ verworfen (jeweils oberer Plot, Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29), was in dem zugrunde liegenden Ansatz begründet ist. Insgesamt 11,4 % aller V0-C-POD-Daten sind bei Verwendung der 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel verworfen worden, der Median liegt hier bei etwa 9 % (jeweils oberer Plot, Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Die Gesamtheit der verworfenen Datensätze bei V1 C-PODs ist in dieser Kategorie 1,6 % (jeweils oberer Plot, Boxplots auf blauem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Unter Verwendung der Mittleren 50 %-Schwelle sind bei den V0 C-PODs insgesamt 7,1 % aller Traindatensätze, bei den V1 C-PODs jedoch nur 0,1 % verworfen worden (jeweils oberer Plot, Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Der Median liegt in dieser Kategorie bei V0 C-PODs bei 1,7 % und bei den V1 C-PODs bei 0,0 % (jeweils oberer Plot, Boxplots auf grünem Hintergrund in Abbildung 28 und Abbildung 29). Werden sämtliche Traindatensätze mit einem mittleren Schalldruck (Variable *avSPL*) von kleiner oder gleich 12 (*uniform scale approach*; bei V0 C-PODs ist ein Schalldruckwert von 12 zudem die Aufzeichnungsgrenze) verworfen, so werden sowohl bei V0 als auch bei V1 C-PODs vernachlässigbar wenige Traindatensätze verworfen (Abbildung 28 und Abbildung 29; Ausreißer in rot). Hierbei sind in der vorliegenden Stichprobe bei beiden C-POD-Versionen in der Regel keine Traindatensätze verworfen worden (Abbildung 28 und Abbildung 29; Ausreißer in rot). Die verschwindend geringe Anzahl der dennoch verworfenen Daten bei C-PODs der Version 0 rührt daher, dass sämtliche Datensätze mit einem Schalldruck von kleiner oder gleich 12 verworfen werden (also auch Traindaten, deren Wert genau 12 ist) und die V0 C-PODs bereits bei einem Wert von 12 mit der Aufzeichnung beginnen.

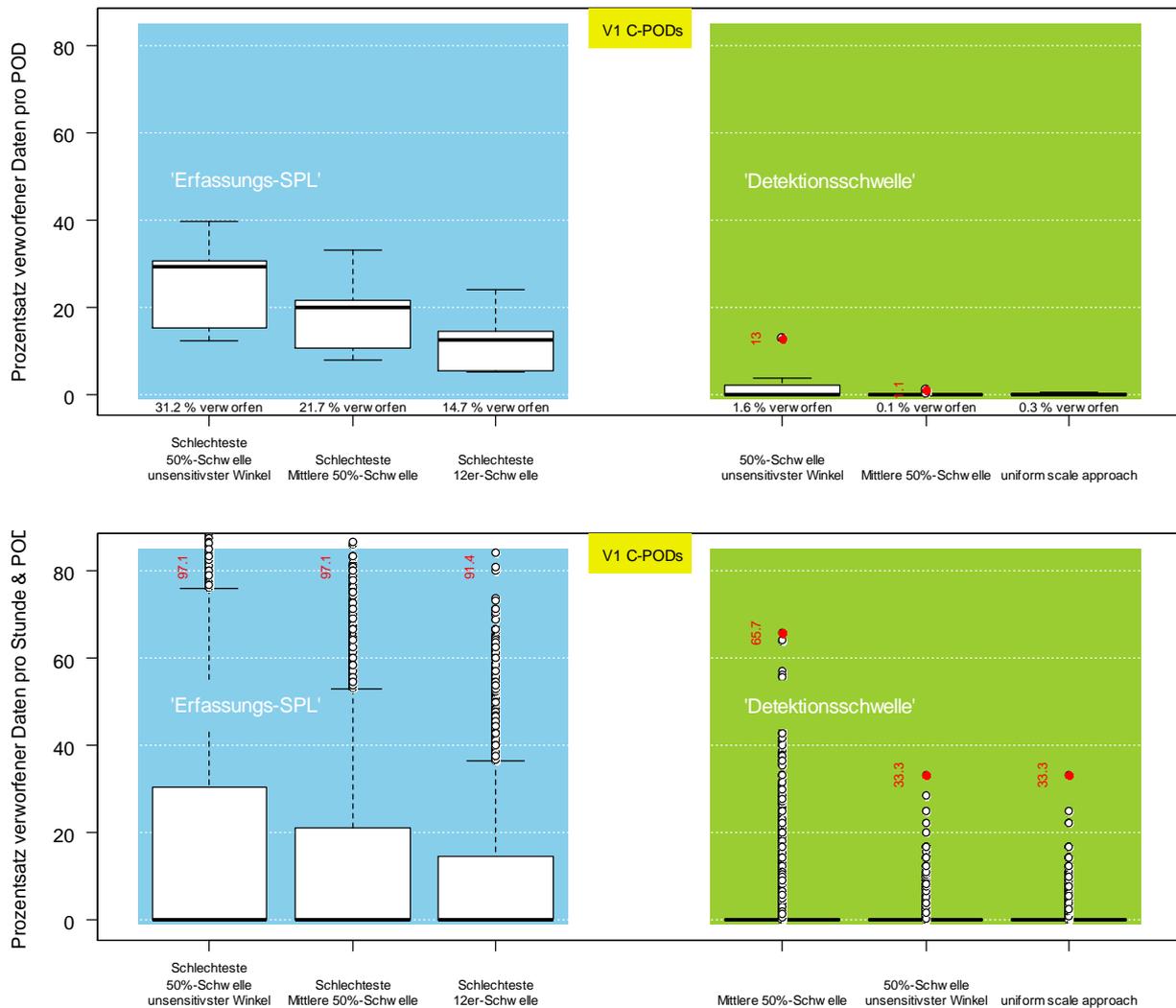
Sämtliche Mediane der pro C-POD und Stunde verworfenen Traindatensätze liegen in der vorgestellten Stichprobe bei Null (Abbildung 28 und Abbildung 29 untere Plots). Auch sonst unterscheiden sich hier die C-POD-Versionen nur unwesentlich (Abbildung 28 und Abbildung 29 untere Plots). In manchen Stunden sind jedoch bis zu 100 % der Traindaten (C-POD Version 0) verworfen worden (Abbildung 28 und Abbildung 29 untere Plots).



**Abbildung 28: Prozentsätze verworfener Traindaten bei V0 C-PODs nach Einarbeitung der (Kalibrierungs-)Grenzwerte auf Trainebene.**

Erklärung:

Boxplots auf blauem Hintergrund stellen die Verteilung der Datenbeschneidungsgrenzen bei der Umsetzung des Prinzips „Erfassungs-SPL“ dar, mit C-POD 1806 als unsensitivstes Messgerät der Kategorie „Schlechteste Mittlere 50 %-Schwelle“ (120,1 dB re 1µPa), C-POD 289 in der Kategorie „Schlechteste 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel“ (121,4 dB re 1µPa) und C-POD 2028 in der Kategorie „Schlechteste 12er-Schwelle“ (118,9 dB re 1µPa). Die Verteilung der Datenbeschneidungsgrenzen nach dem Prinzip „Detektionsschwelle“ wird durch die Boxplots auf grünem Hintergrund visualisiert.



**Abbildung 29: Prozentsätze verworfener Traindaten bei V1 C-PODs nach Einarbeitung der (Kalibrierungs-)Grenzwerte auf Trainebene.**

Erklärung: Boxplots auf blauem Hintergrund stellen die Verteilung der Datenbeschneidungsgrenzen bei der Umsetzung des Prinzips „Erfassungss-SPL“ dar, mit C-POD 1806 als unsensitivstem Messgerät der Kategorie „Schlechteste Mittlere 50 %-Schwelle“ (120,1 dB re 1µPa), C-POD 289 in der Kategorie „Schlechteste 50 %-Schwelle unsensitivster Winkel“ (121,4 dB re 1µPa) und C-POD 2028 in der Kategorie „Schlechteste 12er-Schwelle“ (118,9 dB re 1µPa). Die Verteilung der Datenbeschneidungsgrenzen nach dem Prinzip „Detektionsschwelle“ wird durch die Boxplots auf grünem Hintergrund visualisiert.

## 6.4 GAM(M) – Einfluss der Kalibrierungsergebnisse auf ökologische Modellierung

Drei verschiedene generalisierte additive Modelle (GAM) sind auf den Schweinswalaktivitätsdaten der Stationen S2, S3 und S4 für die Jahre 2011 bis 2013 berechnet worden. Die Daten basieren auf 23 verschiedenen C-PODs der Versionen V0 und V1. Zu allen 23 C-PODs liegen Kalibrierungsergebnisse vor; C-PODs auf die dies nicht zutrifft wurden im Vorfeld aus dem Datenpool entfernt.

Allen berechneten Modellen gemeinsam ist die Einbindung des Erfassungsjahres als Faktor, sowie des Erfassungsmonats als Smooth-Construct, welcher als zyklischer Spline in das Modell eingegangen (Tabelle 10). Die Kalibrierungsergebnisse fließen in der Variable *delta\_cutmean* (Erklärung Ta-

belle 3) in zwei Modelle mit ein. Es wurde sich für diese Variable entschieden, da sie eine bessere Modellgüte erzielte als die Einbindung von Achsenabschnitt oder Steigung der Schalldruckabbildungsfunktion.

**Tabelle 10: Ergebnisse der GAM Modellierungen**

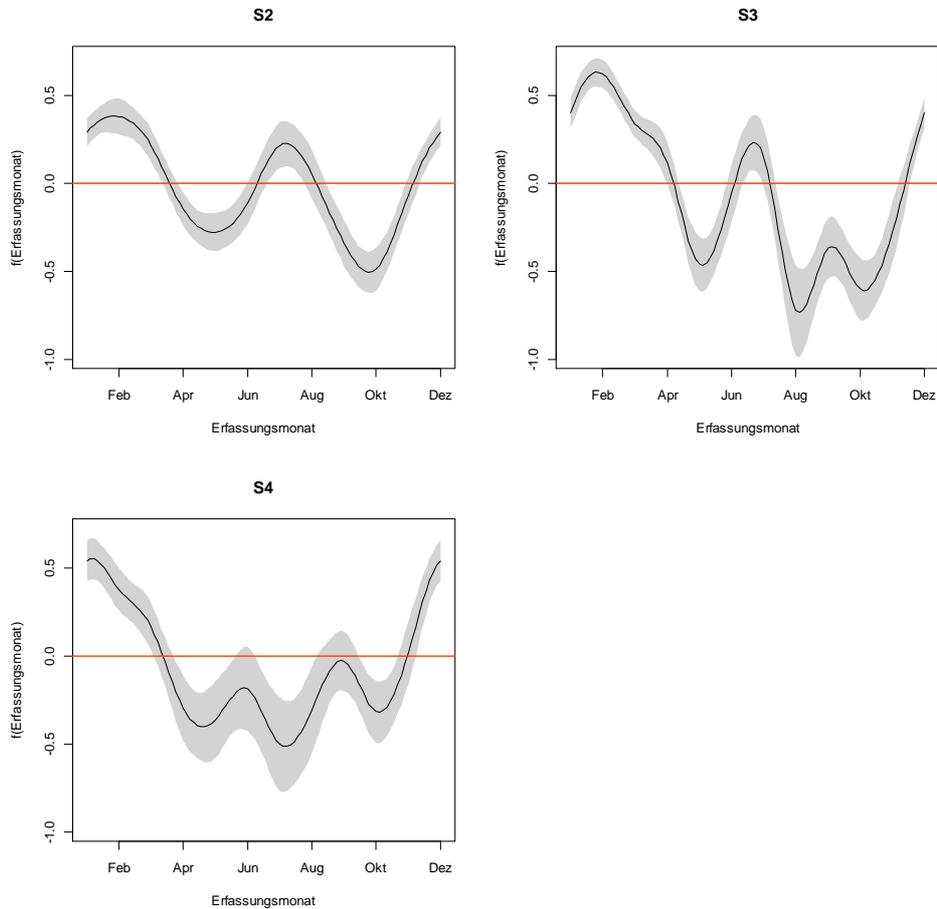
Daten-grundlage	GAM-plot	Term	k	F	df oder edf	P	n	GCV score	deviance	
pp10m pro Tag	unbeschnittene Daten	Abbildung 30	factor(Jahr)	-	75,82	2	<0,001	3325	8,3228	37,5 %
		s(Monat) pro Station als zyklischer Spline	10	37,66	7,641 (S2)	<0,001				
			10	145,16	9,688 (S3)					
			10	303,03	8,484 (S4)					
	random factor(POD ID)	23	7,35	19,645	<0,001					
	Abbildung 31	factor(Jahr)	-	166,9	2	<0,001	3325	8,5784	35 %	
		s(Monat) pro Station als zyklischer Spline	10	21,205	7,268 (S2)	<0,001				
			10	44,859	9,738 (S3)					
			10	18,306	8,921 (S4)					
	s(delta_cutmean)	6	6,596	5,366	<0,001					
	gemäß Prinzip „Erfassungs-SPL“	Abbildung 32	factor(Jahr)	-	207,9	2	<0,001	3325	7,3189	38,8 %
			s(Monat) pro Station als zyklischer Spline	10	23,17	7,520 (S2)	<0,001			
10				42,43	9,676 (S3)					
10				15,88	8,751 (S4)					
s(delta_cutmean)	6	18,14	5,663	<0,001						

Zwei Modelle wurden auf dem unbeschnittenen Datensatz berechnet, davon das eine als gemischtes Modell (GAMM) mit der C-POD-Identifikationsnummer als *random factor* (Tabelle 10). In das andere Modell (ebenfalls unbeschnittene Daten) wurde die Variable *delta\_cutmean* (Erklärung siehe Tabelle 3) als *smooth construct* einbezogen. Zwischen beiden Modellen sind keine wesentlichen Unterschiede in der Modellgüte (Tabelle 10) und der geschätzten Jahresphänologie pro Station (Abbildung 30 und Abbildung 31) zu erkennen. Bindet man auf den unbeschnittenen Daten die POD-ID als *random factor* ein, so war die erklärte Varianz (Tabelle 10) 2,5 % höher als bei dem alternativen Modell.

Das auf den beschnittenen Daten (Prinzip „Erfassungs-SPL“; mit *delta\_cutmean* als *thin-plate regression spline*) berechnete Modell hebt sich hingegen in der Modellgüte etwas deutlicher von dem gemischten Modell (mit C-POD-ID als *random factor*) auf den unbeschnittenen Daten ab (Tabelle 10); die erklärte Varianz in den Daten liegt bei diesem Modell jedoch nur 1,3 % höher (Tabelle 10). Die Jahresphänologie an den jeweiligen Stationen unterscheidet sich auch hier kaum von den anderen Modellen (vgl. Abbildung 32 mit Abbildung 30 und Abbildung 31). Allerdings ist der F-Wert für das Smooth-Construct über *delta\_cutmean* (F-Wert für *s(delta\_cutmean)*; Tabelle 10) deutlich besser auf

den beschnittenen als auf den unbeschnittenen Daten. Auch das Jahr als Faktor zeigt hier einen deutlich höheren und damit aussagekräftigeren F-Wert (Tabelle 10).

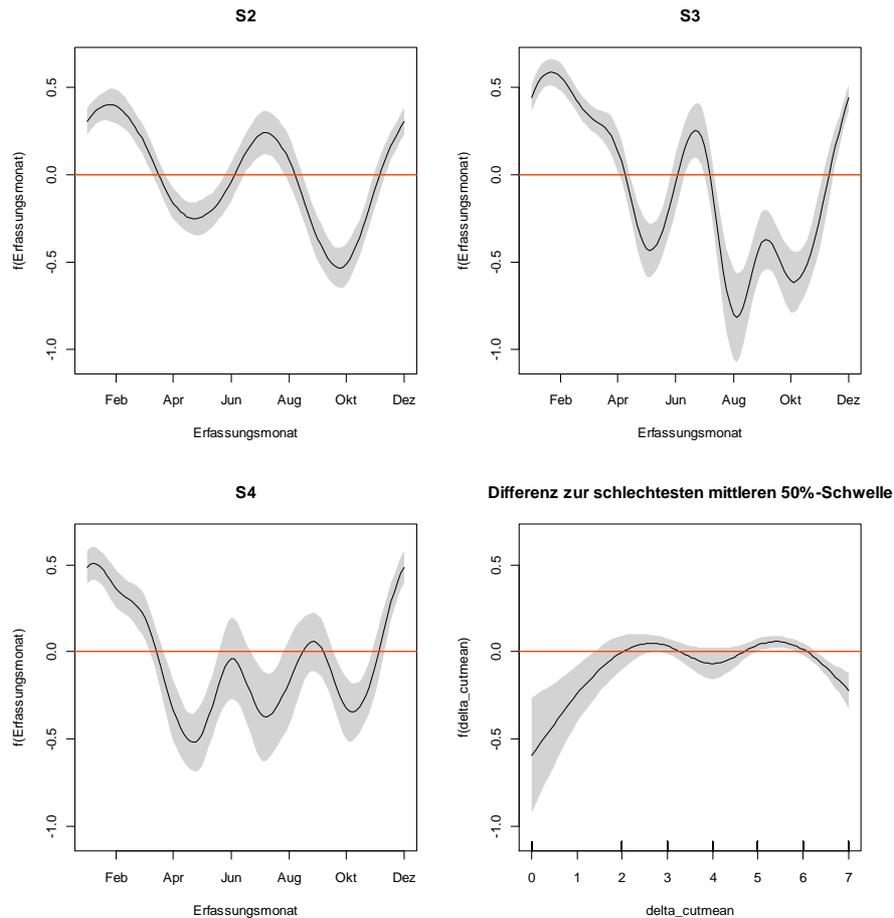
Der Verlauf des Graphen für die Kalibrierungseinbindung (rechter unterer Plot in Abbildung 30 und Abbildung 31), kann zu Beginn dadurch erklärt werden, dass bei geringer Sensitivität die Detektionswahrscheinlichkeit sinkt, aber mit zunehmender Sensitivität wieder ansteigt. Ein Abfall bei hoher Sensitivität mag möglicherweise darauf zurückzuführen sein, dass dann zu viele Rauschklicks die Mustererkennung von cpod.exe blockieren.



**Abbildung 30: GAMM-Plot der unbeschnittenen Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4. GAMM mit C-POD ID als *random factor***

Erklärung:

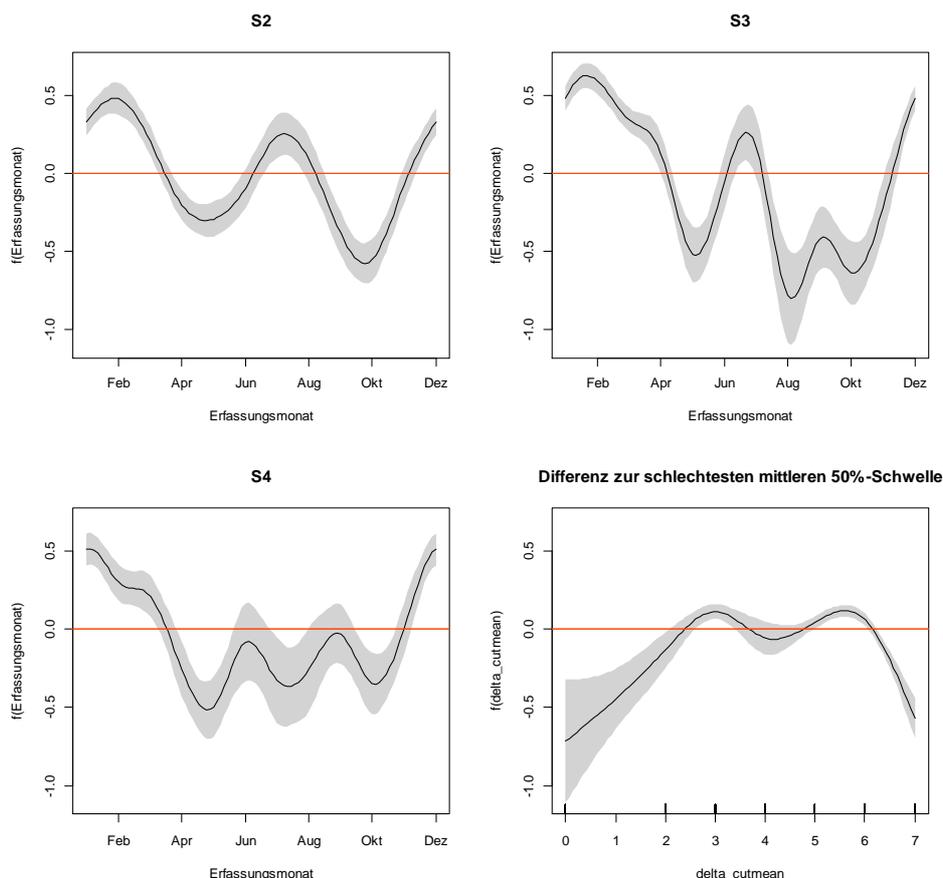
GAMM berechnet auf pp10m pro Tag mit dem mgcv Paket und der Funktion gam() in R auf den Daten von 23 C-PODs (V0 und V1 C-PODs), die zwischen 2011 und 2013 an den POD-Stationen S2, S3 und S4 eingesetzt wurden. Der GAMM-Plot zeigt die Phänologie der einzelnen POD-Stationen über einen Zeitraum von knapp drei Jahren (2011 bis 2013), wobei die gestrichelten Linien die 95 %-Konfidenzintervalle der geschätzten Kurve darstellen. Die Identifikationsnummer der C-PODs wurde hierbei als random factor in das Modell miteinbezogen.



**Abbildung 31: GAM-Plot der unbeschnittenen Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4 unter Einbezug der Kalibrierungsgrenzwerte**

Erklärung:

GAM berechnet auf pp10m pro Tag mit dem mgcv Paket und der Funktion gam() in R auf den Daten von 23 C-PODs (V0 und V1 C-PODs), die zwischen 2011 und 2013 an den POD-Stationen S2, S3 und S4 eingesetzt wurden. Der GAM-Plot zeigt die Phänologie der einzelnen POD-Stationen über einen Zeitraum von knapp drei Jahren (2011 bis 2013), wobei die gestrichelten Linien die 95 %-Konfidenzintervalle der geschätzten Kurve darstellen. Anstelle der Identifikationsnummer der C-PODs wurde hierbei die Differenz der C-POD spezifischen mittleren 50 %-Schwelle zur mittleren 50 %-Schwelle des unsensitivsten C-PODs der Studie als smooth construct in das Modell miteinbezogen. Der Einfluss dieser erklärenden Variable ist im rechten unteren Plot zu sehen.



**Abbildung 32:** GAM-Plot nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“ mit der schlechtesten mittleren „50 %-Schwelle Radius“ als Bezugsgrenzwert auf Daten von 23 C-PODs der POD-Stationen S2, S3 und S4

Erklärung:

GAM berechnet auf pp10m pro Tag mit dem mgcv Paket und der Funktion gam() in R. Das Modell basiert auf den nach dem Prinzip „Erfassungs-SPL“ mit der unsensitivsten mittleren 50 %-Schwelle als Bezugsgrenzwert beschnittenen Daten von 23 C-PODs (V0 und V1 C-PODs), die zwischen 2011 und 2013 an den POD-Stationen S2, S3 und S4 eingesetzt wurden. Der GAM-Plot zeigt die Phänologie der einzelnen POD-Stationen über einen Zeitraum von knapp drei Jahren (2011 bis 2013), wobei die gestrichelten Linien die 95 %-Konfidenzintervalle der geschätzten Kurve darstellen. Anstelle der Identifikationsnummer der C-PODs wurde hierbei die Differenz der C-POD spezifischen mittleren 50 %-Schwelle zur mittleren 50 %-Schwelle des unsensitivsten C-PODs der Studie als smooth construct in das Modell miteinbezogen.

## 6.5 PODIS und die Kalibrierungsergebnisse

In PODIS sind verschiedene Variablen zum Berücksichtigen der Kalibrierungsdaten bereits vorgesehen (Tabelle 11). Es existiert eine eigens hierfür angelegte Tabelle, *calibration*, in die sowohl das Datum der Kalibrierung als auch die kalibrierende Institution eingetragen werden kann. Einem eingetragenen C-POD können unbegrenzt viele Kalibrierungen zugewiesen werden. Nicht übernommen werden kann jedoch in die *calibration*-Tabelle ein Grenzwert zur Datenbeschneidung oder Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion (C-POD-interne unreferenzierte 8 Bit  $P_{pp}$  auf dB re  $1\mu Pa_{pp}$ ). Die Einbindung eines „Kalibrierungsfaktors“, dessen Bedeutung und Anwendung zu diesem Zeitpunkt noch nicht definiert ist, ist in der Tabelle *campaigndata*, auf der Ebene der Kampagnedaten, vorgesehen.

**Tabelle 11: In der POD Datenbank vorhandene Variablen zur Einbindung von Kalibrierungsergebnissen**

Variablenname	Aussage	Einheit	Datentyp in PODIS	Tabelle in der POD-Datenbank	Eingabe in PODIS
calibrationfactor	k.A.	k.A.	float	campaigndata	manuelle Eingabe in Kampagnedaten
calibration_id	Eindeutige Identifikation einer Kalibrierung pro Datenbank (Primärschlüssel)	---	integer	calibration	automatisch generiert beim Erstellen einer neuen Kalibrierung
pod_id	ID des kalibrierten C-PODs (Fremdschlüssel)	---	integer	calibration	manuelle Zuweisung
calibrationlab_id	Zuordnung einer Kalibrierungs-institution (Fremdschlüssel)	---	integer	calibration	manuelle Zuweisung
calibrationdate	Datum der Kalibrierungsdurchführung	---	Datum	calibration	manuelle Eingabe
calibrationtype	k.A.	k.A.	character	calibration	manuelle Eingabe
calibrationpod	k.A.	k.A.	character	calibration	manuelle Eingabe

Erläuterung: k.A.: keine Angabe; angelegte Variable bisher ohne Funktionalität

### 6.5.1 Welche Variablen für welche Aussagen?

Wird sich dafür entschieden, die für die Auswertung relevanten Kalibrierungsdaten in die POD-Datenbank zu übernehmen, so wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

Angaben zum Zeitpunkt der Kalibrierung sowie der durchführenden Institution sind unbedingt in die Datenbank einzupflegen, wofür bereits die Tabelle *calibration* vorgesehen ist. Darüber hinaus muss die von der kalibrierenden Institution vergebene ID in die Datenbank übernommen werden, um bei Nachfragen ein leichteres Auffinden der Informationen zu ermöglichen. Eventuell sinnvoll wäre es, zusätzlich die für die Kalibrierung verantwortliche Person in die Datenbank zu übernehmen. Für die Auswertungen ist von diesen Rahmenvariablen vor allem der Zeitpunkt der Kalibrierung pro C-POD essentiell.

Zum Berücksichtigen der Kalibrierungsergebnisse in den Auswertungen müssen zwei Typen von Variablen übernommen werden. Zum einen Variablen um die Abbildung der dIPpp-Skala auf die Dezibel-Skala nachvollziehen zu können, also die Kenngrößen der Schalldruckabbildungsfunktion, und zum anderen eine Variable, die die 50 %-Schwelle des C-PODs vorgibt:

#### 1. Abbildung dIPpp auf dB re 1µPa<sub>pp</sub>

Hierfür sollten die Parameter der Schalldruckabbildungsfunktion in die Datenbank übernommen werden – also Achsenabschnitt und Steigung der Geradengleichung.

#### 2. 50 %-Schwelle

- a) Einbindung eines Wertes: Berechnungen der 50 %-Schwelle nach dem bevorzugten Verfahren und Einpflegen des erhaltenen Grenzwertes in die Datenbank

- b) Aufschlüsselung nach Winkeln: Einpflegen der vier nach dem Einfallswinkel aufgeschlüsselten 50 %-Schwellenwerte. Dies ermöglicht ein späteres Nachempfinden der Veränderung in der horizontalen Empfangscharakteristik, geht aber mit einer zusätzlichen Abfrage zur Berechnung der 50 %-Schwelle einher (außer diese wird zusätzlich eingepflegt, was in einer Redundanz der Daten resultieren würde und damit dem Prinzip einer Datenbank zuwider ist).

Wie die Variablen der 50 %-Schwelle tatsächlich in die POD-Datenbank übernommen werden, muss an dem Aufwand der Realisierung gemessen werden und an der Notwendigkeit, die horizontale Empfangscharakteristik eines C-PODs nachzuverfolgen. Dabei ist zu bedenken, dass eine Stichprobe von 4 Winkeln in der Horizontalen um die vertikale Achse des C-PODs keine befriedigende Abtastung der Direktionalität darstellt.

### **6.5.2 Wie in welche Tabelle einbinden?**

Sämtliche C-POD-Kalibrierungsvariablen sollten in die hierfür vorgesehene Tabelle *calibration* übernommen werden. Dies vermeidet Redundanz in den Daten und stellt die schlankeste Möglichkeit der Speicherung auswertungsrelevanter Kalibrierungsdaten dar. Von einer Einbindung der Kalibrierungsdaten auf Kampagneebene in die Tabelle *campaigndata*, wie für die Variable *calibrationfactor* vorgesehen, ist abzusehen, da dies zu einer unnötigen Redundanz in der Datenhaltung führen würde und damit der Definition einer Datenbank widersprechen würde.

### **6.5.3 Sinnvolle Sichten- und Anwendungserweiterungen**

Um potentiell eingepflegte Kalibrierungsdaten einfach in der Auswertung berücksichtigen zu können, muss die Sicht *UsedTraindetails* entsprechend modifiziert werden. Dies könnte unter MS Access mit Visual Basic realisiert werden.

## **7 Diskussion**

### **7.1 Kalibrierungen des DMMs**

Die vom DMM gelieferten Kalibrierungsprotokolle ermöglichen aufgrund ihrer hinreichend normierten Formatierung das automatisierte Auslesen (parsen) der Daten und Umwandeln der Datenstruktur zur Weiterverarbeitung. Bei einigen Protokollen wich die Aufbereitung der Daten von der sonst üblichen Mittelwertdarstellung ab, die Darstellung wurde aber auf Nachfrage vereinheitlicht.

DÄHNE u. a. (2013) schätzen die vom DMM mitgelieferten 50 %-Schwellenwerte pro C-POD als zu stark fehlerbehaftet ein. Im Rahmen dieses Berichts war eine experimentelle Überprüfung dieser Einschätzung nicht möglich. Ist sie jedoch korrekt, so muss die Verwendung der 50 %-Schwellenwerte zukünftig kritisch hinterfragt werden. Ferner muss diskutiert werden ob bei dieser Bestimmung eine Abtastung der Direktionalität anhand von nur 4 Messpositionen ausreichend ist. Darüberhinaus wäre es zudem wünschenswert eine direktionale Charakteristik des C-PODs in seiner vertikalen Ebene zu bestimmen, denn es werden auch Walklicks erfasst, die von ober- bzw. unterhalb des C-PODs ausgesandt wurden.

## 7.2 PODIS Variablen

Unter der Voraussetzung, dass zukünftig die Kalibrierungsergebnisse in der Auswertung genutzt werden sollen, würde das Einpflegen derselben in die POD Datenbank die Datenprozessierung vereinfachen und vereinheitlichen. Hierfür nötige zusätzliche Sichten oder Tabellen könnten im Export von PODIS (PODReport.mdb) mit Hilfe von MS Access und Visual Basic generiert werden und würden somit für alle darauf basierenden Auswertungen eine Zeitersparnis bedeuten. Andere Funktionalitäten sind bereits unter mit Visual Basic in den MDB Export von PODIS integriert (z.B. die Tabelle *Encounter*).

In jedem Fall hätte die Übernahme der Kalibrierungsergebnisse und berechneten Parameter in die POD-Datenbank den Vorteil der vereinfachten und zentralisierten Datenhaltung, sowie des leichteren Exports von kalibrierungsrelevanten Größen. Wir empfehlen daher eine Eingliederung der Kalibrierungsdaten in die POD-Datenbank.

## 7.3 C-POD-Eichung, -Kalibrierung und Schweinswalklicks

Der Hauptanteil der akustischen Energie von Schweinswalklicks liegt im hochfrequenten Bereich von 100 bis 160 kHz (GOODSON & STURTIVANT, 1996; MOHL & ANDERSEN, 1973), sie können jedoch auch niederfrequente Komponenten im Frequenzbereich kleiner als 100 kHz aufweisen (MOHL & ANDERSEN, 1973). Diese niederfrequenten Bereiche scheinen zudem weniger gerichtet zu sein und länger anzudauern als der hochfrequente, stark gebündelte Teil des Klicks (MOHL & ANDERSEN, 1973). Allerdings ist es fast unmöglich, sie vom allgemeinen Umgebungsrauschen eindeutig abzutrennen (HANSEN u. a., 2008; MOHL & ANDERSEN, 1973) und ihre Funktion daher fragwürdig (HANSEN u. a., 2008). Dies validiert wiederum die Spezialisierung der C-PODs auf den hochfrequenten Bereich der Schweinswalklicks. Verschiedene Studien nennen unterschiedliche Frequenzen oder Frequenzbänder, die die hauptsächliche Energie eines Schweinswalklicks repräsentieren: MOHL & ANDERSEN (1973) nennen in ihrer Studie ein Frequenzband von 100 bis 160 kHz, GOODSON & STURTIVANT (1996) die Frequenzen 144 und 148 kHz (je eine Frequenz pro Versuchstier) und VILLADSGAARD (2007) den Frequenzbereich von 129 bis 145 kHz.

Die Frequenz bei der ein C-POD geeicht wird (130 kHz) liegt somit bei den von MOHL & ANDERSEN (1973) und VILLADSGAARD (2007) durchgeführten Studien im Hauptenergiebereich des hochfrequenten Anteils eines Schweinswalklicks. Auch die vom DMM durchgeführten Kalibrierungen decken diesen Bereich hinreichend ab (evaluiert werden 100 bis 140 kHz).

In diesem Bericht wurden die Kalibrierungsergebnisse bei einer Frequenz von 130 kHz verwendet. Die Vielfältigkeit eines Schweinswalklicks wird dadurch allerdings nur unzureichend erfasst. Erläuternd muss angemerkt werden, dass der aus cpod.exe erhaltene mittlere Schalldruckwert ( $avSPL$ ) pro Traindatensatz ebenfalls nicht frequenzkorrigiert ist. Dennoch wäre eine Frequenzgewichtung der Schalldruckübersetzung auf Basis der Kalibrierungsdaten wünschenswert. Das Problem hierbei ist jedoch, dass verschiedene Studien dem Hauptenergieanteil der Klicks unterschiedliche Frequenzbänder zuordnen, die keine Vereinheitlichung ermöglichen. Darüber hinaus ist die Variable mittlerer Schalldruck ( $avSPL$ ) auf Traindatenebene nicht nach Frequenzen aufgeschlüsselt. Aus diesen Gründen ist die Umsetzung der wünschenswerten Frequenzgewichtung auf Traindatenebene unserer Ansicht nach derzeit nicht möglich. Auf Klickdatenebene würde zumindest eine Filterung der Klicks gemäß der verschiedenen kalibrierten Frequenzen vorgenommen werden können.

Darüber hinaus bestehen C-POD versionsbedingte Sensitivitätsunterschiede. Insbesondere die unterschiedliche Steigung der C-POD-Versionen in der Schalldruckabbildungsfunktion ist als kritisch zu



rierungsergebnissen ist C-POD 422 sensitiver als C-POD 298, was sich in einer höheren Anzahl aufgezeichneter Klicks und einer daraus resultierenden höheren Aktivitätsdichte widerspiegelte. Sowohl durch Filterung auf Basis der Trains als auch auf Klickebene wurde die Ausprägung der phänologischen Aktivitätsdichte beider C-PODs ähnlicher (2095 vs. 2093 bzw. 2293 vs. 2311 DPM/Stunde). Im Falle der C-PODs 422 und 308, die gemeinsam an Station BSH\_cal\_2 ausgebracht waren, weisen die Kalibrierungsergebnisse auf geringere Unterschiede und demnach geringeren Filterungsbedarf hin. Trotz dieser Vermutung zeichnete C-POD 422 mehr als doppelt so viele Klicks auf. Die Aktivitätsdichte ist etwas höher als bei C-POD 308, dennoch korrelierten diese beiden C-PODs grundsätzlich mehr miteinander als mit dem benachbarten C-POD 305, obwohl dessen Aktivitätsdichte eher der des C-PODs 308 glich.

Die Filterung auf Basis der Trains als auch auf Basis der Klickdaten bewirkt eine ähnliche Reduzierung der Aktivitätsdichte, ohne dabei die Phänologie nennenswert zu beeinflussen. Die Aktivitätsdichten korrelieren mit den ungefilterten Daten und untereinander in der Regel hoch. Im Fall der C-PODs der Version 1 könnte die divergierende Korrelation auf dem größeren Frequenzspektrum beruhen, dass durch die Filterung auf der Ebene der Trains nicht berücksichtigt werden kann. Dies kann jedoch aufgrund der zu kleinen Stichprobe von nur zwei C-PODs nicht verallgemeinert werden. Die Korrelationskoeffizienten sanken bei zunehmender Filterung geringfügig, aber von einer großen Änderung kann nicht zwingend ausgegangen werden. Selbst eine starke Verringerung der berücksichtigten Klicks oder Trains ändert die Aussage, die aus der Phänologie gezogen werden kaum.

Durch die Filterung der C-POD-Daten gemäß der Kalibrierungsergebnisse werden die ohnehin bereits stark korrelierenden Datensätze nur unerheblich verändert. Das heißt der Genauigkeitsgewinn ist in unserer Stichprobe vernachlässigbar. Das wiederum bedeutet, dass ein Bedarf besteht, einflussreichere Faktoren zu ermitteln, die entsprechenden Parameter zu erheben und in die Auswertung der Daten zu integrieren.

## 7.5 Verwendung der Kalibrierungsergebnisse

Die Kalibrierungsergebnisse können auf die unterschiedlichsten Arten und Weisen in die Datenauswertung einbezogen werden. Unabhängig davon stellen die C-POD-Kalibrierungen aber eine solide Basis zur Qualitätssicherung der Daten dar, da die Messgeräte (C-PODs) so auf ihre Funktionalität geprüft werden können. Damit lassen sich defekte Geräte frühzeitig identifizieren, die Datengüte gewährleisten und größere Datenlücken vermeiden. Die Kalibrierung würde somit als „TÜV“ für C-PODs fungieren.

Auch zur Verbesserung der Auswertung, d.h. zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Datenlage innerhalb einer Studie oder studienübergreifend, können Kalibrierungsdaten verwendet werden. Unsichere und fehlerbehaftete Datensätze können aufgrund dieser Ergebnisse verworfen werden und damit zu einer besseren Aussagekraft der durchgeführten ökologischen Studie beitragen. Die in Abschnitt 6.3 vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass je nach gewählter Methode und C-POD-Version gar keine bis hin zu 30 % der gesamten Traindatensätze verworfen werden können. Eine beispielhafte ökologische Modellierung mit GAMs wird in Abschnitt 6.4 vorgestellt. Die Güte der Modellierung war auf Basis der beschnittenen Daten (Prinzip „Erfassungs-SPL“ mit 50 %-Bezugsschwellenwert „Schlechteste mittlere 50 %-Schwelle“) geringfügig besser als auf Basis der unbeschnittenen Daten. Das Einbinden der Kalibrierungsdaten in die Auswertung verstärkt die Qualität des Modells, ändert aber nicht die ökologische Aussage. Dies kann auf die hier vorliegende grobe zeitliche Auflösung der

dem Modell zugrunde liegenden Daten zurückzuführen sein. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass weitere Studien, die z. B. an anderen Ausbringungsorten und mit anderen C-PODs durchgeführt werden, zeigen, dass ein Einbinden der Kalibrierungsergebnisse die Aussagekraft eines Modells auf kleinskaliger (räumlich und zeitlich) Ebene deutlich verbessern und auch die ökologische Aussage beeinflussen kann. Dies gilt speziell für Studien, in denen nur marginale Effekte zu erwarten sind, welche u.U. erst durch Einbinden der Kalibrierungsdaten aufgedeckt werden können. Insbesondere Untersuchungen die den Anspruch haben auch geringe Unterschiede in Schweinswalaktivitätsdichten aufzuzeigen, könnten davon betroffen sein, da selbst die Aussagekraft der Modelle (*statistical power*) zeitlich grob aufgelöster ökologischer Untersuchungen durch Berücksichtigung der Kalibrierungsergebnisse verbessert wird.

Selbstverständlich birgt das Berücksichtigen der Kalibrierungsergebnisse durch Verwerfen von Datensätzen auch Nachteile: Je nach gewählter Methode werden mehr oder weniger viele Datensätze verworfen. Bei kleineren Studien, die sich über einen kurzen Zeitraum erstrecken und daher eine weniger solide Datengrundlage haben, könnte dies zu einer Verschlechterung der Analysen führen. Insbesondere Messpositionen mit wenig Schweinswalaktivität (Anzahl an Nulldatensätzen (keine Schweinswalaktivität) ist weitaus größer als Datensätze mit Schweinswalaktivität) kann es durch die zusätzliche Produktion von Nulldatensätzen zu einer starken „zero inflation“ (große Datenmengen deren Aussage darin besteht, dass keine Schweinswalaktivität gemessen wurde) kommen. Dies würde die Auswertung allgemein erschweren und die Aussagekraft der Daten mindern.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich insbesondere bei freilandökologischen Studien um solche handelt, die zumeist mehr Ungenauigkeiten, durch äußere Umwelteinflüsse, unbekannte Einflussgrößen, Studiendesign etc., beinhalten als aussagekräftige beschreibende Parameter. Aus diesem Grund mag es durchaus wünschenswert sein jede weitere verschleiernde Unsicherheit, sofern möglich, aus den Daten zu entfernen. In den folgenden Absätzen werden deshalb noch einmal kurz die Vor- und Nachteile der in Abschnitt 5.4 vorgestellten Ansätze diskutiert.

### **7.5.1 Methode 1 – Prinzip „Detektionsschwelle“**

Die Vorteile dieser Herangehensweise sind klar in der einfachen Einarbeitung in die Auswertung sowie der studienübergreifenden Vergleichbarkeit begründet. Hierbei werden nur Trainedaten berücksichtigt, bei denen die zugrunde liegenden Schweinswalklicks mit einer Wahrscheinlichkeit von größer oder gleich 50 % gehört und geloggt werden. Damit wird gewährleistet, dass nur Daten einer gewissen Güte in die Auswertungen einfließen.

Der Nachteil ist, dass die C-POD-spezifische 50 %-Schwelle einen unterschiedlich lauten Schalldruckpegel repräsentiert: C-POD A kann z. B. einen Klick mit Schalldruckpegel von 117 dB re 1  $\mu\text{Pa}_{pp}$  mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % „hören“ und somit loggen, wohingegen C-POD B erst einen Schweinswalklick von 120 dB re 1  $\mu\text{Pa}_{pp}$  mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % loggt. Das bedeutet, dass die Daten zwar die gleiche Güte haben, die C-PODs aber nicht die gleiche Fläche, also den gleichen Radius, „nach Schweinswalen abhören“.

### **7.5.2 Methode 2 – Prinzip „Erfassungs-SPL“**

Legt man Wert darauf, dass sämtliche C-PODs eine vergleichbare Fläche „nach Schweinswalen abhören“, so muss diese Methode gewählt werden. Dabei wird ein Bezugsgrenzwert gewählt (entweder der 50 % Grenzwert, die 12er-Grenze *uniform scale* des unsensitivsten C-PODs der Studie oder ein globaler, studienübergreifender Grenzwert), nach dem die bereits aufgenommenen Daten beschnitten

werden. Es werden damit im Nachhinein die Sensitivitätsunterschiede der C-PODs berücksichtigt, dass nur Daten in die Auswertung mit einbezogen werden, die einen gleichen (und damit C-POD unabhängigen) Schalldruckpegel (*receiving level*) besitzen. Hier sei jedoch darauf hingewiesen, dass bei der Datenaufnahme im Wasser von einem unsensitiveren C-POD ein Schweinswalklick mit einem bestimmten *receiving level* zwar mit mehr als 50 % Wahrscheinlichkeit geloggt wurde, dies aber dennoch mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit als von einem sensitiveren C-POD.

Zudem werden bei diesem Vorgehen verhältnismäßig mehr Traindatensätze als bei Verwendung des Prinzips „Detektionsschwelle“ (in der vorgestellten Stichprobe bei Verwendung der mittleren „50 %-Schwelle Radius“ maximal 24 % mehr) verworfen. Wählt man, um eine studienübergreifende Vergleichbarkeit zu gewährleisten, eine globale Bezugsgrenze, so werden im Verhältnis noch mehr Datensätze verworfen.

Welches Vorgehen letzten Endes gewählt wird, muss auf Basis der jeweiligen Fragestellung getroffen werden. In der Entscheidungsfindung spielen Kriterien, wie Wirtschaftlichkeit, die Anzahl der verworfenen Datensätze und damit die Schweinswalaktivitäten am Ausbringungsort des C-PODs, eine Rolle.

### 7.5.3 12er-Schwelle versus 50 %-Schwelle

Insbesondere bei gemeinsamer Verwendung von C-PODs der Version 0 und C-PODs der Version 1 in ein und derselben Studie, sollten die zugrunde liegenden Traindaten vor ihrer Auswertung bei einem mittleren Schalldruckwert von 12 (Variable *avSPL* > 12) beschnitten werden. Diese Empfehlung wird aus dem Grund ausgesprochen, da sämtliche Geräte der Generation V0 softwarebedingt erst ab einem mittleren Schalldruckwert von 12 pro ankommendem Schweinswalklick mit der Aufzeichnung beginnen und damit theoretisch eine fundamental andere Datengrundlage liefern. Allerdings zeigte die vorliegende Auswertung in Abschnitt 6.3, dass auch bei V1 C-PODs nur verhältnismäßig wenige Traindatensätze (das Loggen von Einzelklicks <12 ist bei V1 C-PODs möglich) mit einem mittleren Schalldruckpegel von kleiner oder gleich 12 (insgesamt waren es nur 0,3 %) vorhanden sind.

Aufgrund der Unterschiede zwischen den C-POD-Versionen ist ein Einsatz von Geräten beider Versionen innerhalb einer Studie kritisch zu prüfen und in der Datenauswertung zu berücksichtigen.

Die in den Kalibrierungen begründeten Unsicherheiten beim empirischen Bestimmen der 50 %-Schwelle eines C-PODs regen zum Nachdenken darüber an, ob ein alternativer, weniger fehlerbehafteter Schwellenwert verwendet werden sollte. DÄHNE u. a. (2013) diskutieren die Verwendung der 12er-Schwelle als Alternative bzw. Äquivalent zur 50 %-Schwelle. Die Annahme, dass die 12er-Schwelle den 50 %-Schwellenwert hinreichend genau beschreibt ist dabei wiederum rein empirisch begründet und hat in keinsten Weise etwas mit dem *uniform scale approach* zu tun. Auf Basis unserer Auswertungen der 50 %-Schwellenwerte des DMM und der 12er-Schwelle, sind diese statistisch signifikant unterschiedlich. Dieser Umstand mag jedoch wiederum in der fehlerbehafteten empirischen Bestimmung der 50 %-Schwelle begründet sein. Laut persönlicher Mitteilung von Nick Tregenza (Chelonia Ltd.), sind allerdings sämtliche 50 %-Schwellenwerte nicht identisch mit der 12er-Schwelle sondern liegen darunter.

Wird daher die 50 %-Schwelle aus den Kalibrierungsergebnissen verwendet, so wird auf Basis der vorliegenden Auswertungen (Abschnitt 6.1) deren Berechnung als Mittlere 50 %-Schwelle (Abschnitt 5.7.2) empfohlen. Soll nur ein Schwellenwert definiert werden, der zum Filtern der Daten dient so ist auch die 12er-Schwelle ein adäquates Mittel.







## 10 Anhang

**Anhangstabelle 1: Aufbereitete C-POD Kalibrierungen mit Schalldruckabbildungsfunktion und Grenzwertberechnungen**

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
31	206	-9,621217	0,108284	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,9	19.03.2009	IBL
31	206	-9,621217	0,108284	Mittlere 50 %-Schwelle	118,3	19.03.2009	IBL
31	206	-9,621217	0,108284	12er-Schwelle/uniform scale approach	111,8	19.03.2009	IBL
57	204	-10,901551	0,115397	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,7	17.03.2009	IBL
57	204	-10,901551	0,115397	Mittlere 50 %-Schwelle	119,4	17.03.2009	IBL
57	204	-10,901551	0,115397	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	17.03.2009	IBL
59	203	-10,744881	0,114155	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,5	16.03.2009	IBL
59	203	-10,744881	0,114155	Mittlere 50 %-Schwelle	118,7	16.03.2009	IBL
59	203	-10,744881	0,114155	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	16.03.2009	IBL
65	300	-11,019699	0,116915	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119	31.08.2010	IBL
65	300	-11,019699	0,116915	Mittlere 50 %-Schwelle	117,2	31.08.2010	IBL
65	300	-11,019699	0,116915	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,5	31.08.2010	IBL
68	300	-10,587732	0,11359	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,4	31.08.2010	IBL
68	300	-10,587732	0,11359	Mittlere 50 %-Schwelle	115,3	31.08.2010	IBL
68	300	-10,587732	0,11359	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,1	31.08.2010	IBL
71	401	-10,054865	0,108868	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,9	16.07.2012	IBL
71	401	-10,054865	0,108868	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	16.07.2012	IBL
71	401	-10,054865	0,108868	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	16.07.2012	IBL
76	203	-10,500664	0,113667	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,2	16.03.2009	IBL
76	203	-10,500664	0,113667	Mittlere 50 %-Schwelle	116,6	16.03.2009	IBL
76	203	-10,500664	0,113667	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,2	16.03.2009	IBL
132	157	-10,68662	0,115333	50 %-Schwelle	115,9	23.10.2008	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
132	157	-10,68662	0,115333	Mittlere 50 %-Schwelle	115,6	23.10.2008	IfaÖ
132	157	-10,68662	0,115333	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,2	23.10.2008	IfaÖ
150	170	-10,974922	0,117249	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,5	28.11.2008	IBL
150	170	-10,974922	0,117249	Mittlere 50 %-Schwelle	117,5	28.11.2008	IBL
150	170	-10,974922	0,117249	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,8	28.11.2008	IBL
182	157	-10,304638	0,113533	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,7	23.10.2008	IfaÖ
182	157	-10,304638	0,113533	Mittlere 50 %-Schwelle	114,4	23.10.2008	IfaÖ
182	157	-10,304638	0,113533	12er-Schwelle/uniform scale approach	112,7	23.10.2008	IfaÖ
183	154	-10,490763	0,114005	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	20.10.2008	IfaÖ
183	154	-10,490763	0,114005	Mittlere 50 %-Schwelle	115,9	20.10.2008	IfaÖ
183	154	-10,490763	0,114005	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,8	20.10.2008	IfaÖ
184	158	-10,450138	0,113274	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,2	24.10.2008	IfaÖ
184	158	-10,450138	0,113274	Mittlere 50 %-Schwelle	116,1	24.10.2008	IfaÖ
184	158	-10,450138	0,113274	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,2	24.10.2008	IfaÖ
185	157	-10,672826	0,115347	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,1	23.10.2008	IfaÖ
185	157	-10,672826	0,115347	Mittlere 50 %-Schwelle	115,8	23.10.2008	IfaÖ
185	157	-10,672826	0,115347	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,1	23.10.2008	IfaÖ
186	158	-10,127523	0,111029	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,1	24.10.2008	IfaÖ
186	158	-10,127523	0,111029	Mittlere 50 %-Schwelle	115,1	24.10.2008	IfaÖ
186	158	-10,127523	0,111029	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,6	24.10.2008	IfaÖ
187	157	-10,53916	0,114308	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,1	23.10.2008	IfaÖ
187	157	-10,53916	0,114308	Mittlere 50 %-Schwelle	115	23.10.2008	IfaÖ
187	157	-10,53916	0,114308	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,9	23.10.2008	IfaÖ
195	213	-10,981469	0,115314	50 %-Schwelle	117,5	21.10.2008	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
195	213	-10,981469	0,115314	Mittlere 50 %-Schwelle	117	21.10.2008	IfaÖ
195	213	-10,981469	0,115314	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,8	21.10.2008	IfaÖ
201	159	-10,392212	0,113318	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,6	04.11.2008	IfaÖ
201	159	-10,392212	0,113318	Mittlere 50 %-Schwelle	115,9	04.11.2008	IfaÖ
201	159	-10,392212	0,113318	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,6	04.11.2008	IfaÖ
202	155	-10,586723	0,114632	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,3	21.10.2008	IfaÖ
202	155	-10,586723	0,114632	Mittlere 50 %-Schwelle	114,9	21.10.2008	IfaÖ
202	155	-10,586723	0,114632	12er-Schwelle/uniform scale approach	114	21.10.2008	IfaÖ
204	155	-10,907433	0,117557	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,2	21.10.2008	IfaÖ
204	155	-10,907433	0,117557	Mittlere 50 %-Schwelle	115,4	21.10.2008	IfaÖ
204	155	-10,907433	0,117557	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,9	21.10.2008	IfaÖ
207	158	-10,505	0,113613	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,9	24.10.2008	IfaÖ
207	158	-10,505	0,113613	Mittlere 50 %-Schwelle	116,8	24.10.2008	IfaÖ
207	158	-10,505	0,113613	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	24.10.2008	IfaÖ
208	155	-10,160158	0,111285	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,5	21.10.2008	IfaÖ
208	155	-10,160158	0,111285	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	21.10.2008	IfaÖ
208	155	-10,160158	0,111285	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,6	21.10.2008	IfaÖ
209	155	-10,860538	0,115665	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,6	21.10.2008	IfaÖ
209	155	-10,860538	0,115665	Mittlere 50 %-Schwelle	116	21.10.2008	IfaÖ
209	155	-10,860538	0,115665	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,4	21.10.2008	IfaÖ
210	170	-9,041327	0,101768	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,4	28.11.2008	IBL
210	170	-9,041327	0,101768	Mittlere 50 %-Schwelle	115,7	28.11.2008	IBL
210	170	-9,041327	0,101768	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,3	28.11.2008	IBL
211	171	-10,535713	0,11353	50 %-Schwelle	116,5	01.12.2008	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
211	171	-10,535713	0,11353	Mittlere 50 %-Schwelle	115,6	01.12.2008	IBL
211	171	-10,535713	0,11353	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,7	01.12.2008	IBL
212	171	-10,637918	0,115052	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,2	01.12.2008	IBL
212	171	-10,637918	0,115052	Mittlere 50 %-Schwelle	115,7	01.12.2008	IBL
212	171	-10,637918	0,115052	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,1	01.12.2008	IBL
214	168	-10,677926	0,115639	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,3	25.11.2008	IBL
214	168	-10,677926	0,115639	Mittlere 50 %-Schwelle	115,3	25.11.2008	IBL
214	168	-10,677926	0,115639	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,8	25.11.2008	IBL
215	172	-10,007314	0,108877	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,7	02.12.2008	IBL
215	172	-10,007314	0,108877	Mittlere 50 %-Schwelle	117,5	02.12.2008	IBL
215	172	-10,007314	0,108877	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,7	02.12.2008	IBL
216	402	-10,62057	0,113774	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,7	19.07.2012	IBL
216	402	-10,62057	0,113774	Mittlere 50 %-Schwelle	115,6	19.07.2012	IBL
216	402	-10,62057	0,113774	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	19.07.2012	IBL
218	205	-10,730731	0,113513	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,3	19.03.2009	IBL
218	205	-10,730731	0,113513	Mittlere 50 %-Schwelle	115,6	19.03.2009	IBL
218	205	-10,730731	0,113513	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,4	19.03.2009	IBL
222	267	-10,59701	0,112755	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,8	08.10.2009	IBL
222	267	-10,59701	0,112755	Mittlere 50 %-Schwelle	115,3	08.10.2009	IBL
222	267	-10,59701	0,112755	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	08.10.2009	IBL
223	300	-10,606014	0,114683	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,6	31.08.2010	IBL
223	300	-10,606014	0,114683	Mittlere 50 %-Schwelle	114,4	31.08.2010	IBL
223	300	-10,606014	0,114683	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,1	31.08.2010	IBL
224	206	-10,785627	0,114533	50 %-Schwelle	115,3	20.03.2009	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
224	206	-10,785627	0,114533	Mittlere 50 %-Schwelle	115,3	20.03.2009	IBL
224	206	-10,785627	0,114533	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	20.03.2009	IBL
258	239	-10,895157	0,117235	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,5	24.06.2009	IfaÖ
258	239	-10,895157	0,117235	Mittlere 50 %-Schwelle	116,1	24.06.2009	IfaÖ
258	239	-10,895157	0,117235	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,1	24.06.2009	IfaÖ
260	238	-10,599004	0,112575	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,7	17.06.2009	IfaÖ
260	238	-10,599004	0,112575	Mittlere 50 %-Schwelle	116,4	17.06.2009	IfaÖ
260	238	-10,599004	0,112575	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,2	17.06.2009	IfaÖ
260	288	-10,335564	0,111305	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,3	07.06.2010	IfaÖ
260	288	-10,335564	0,111305	Mittlere 50 %-Schwelle	115,6	07.06.2010	IfaÖ
260	288	-10,335564	0,111305	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	07.06.2010	IfaÖ
262	214	-10,785541	0,114789	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,2	06.04.2009	IfaÖ
262	214	-10,785541	0,114789	Mittlere 50 %-Schwelle	115,2	06.04.2009	IfaÖ
262	214	-10,785541	0,114789	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	06.04.2009	IfaÖ
263	217	-10,607058	0,113272	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,9	16.04.2009	IfaÖ
263	217	-10,607058	0,113272	Mittlere 50 %-Schwelle	115,9	16.04.2009	IfaÖ
263	217	-10,607058	0,113272	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	16.04.2009	IfaÖ
283	212	-10,532864	0,114174	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,7	30.03.2009	IfaÖ
283	212	-10,532864	0,114174	Mittlere 50 %-Schwelle	114,3	30.03.2009	IfaÖ
283	212	-10,532864	0,114174	12er-Schwelle/uniform scale approach	114	30.03.2009	IfaÖ
285	189	-10,8571	0,11507	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,4	18.02.2009	IfaÖ
285	189	-10,8571	0,11507	Mittlere 50 %-Schwelle	116	18.02.2009	IfaÖ
285	189	-10,8571	0,11507	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	18.02.2009	IfaÖ
286	232	-10,578555	0,11384	50 %-Schwelle	114,8	29.05.2009	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
286	232	-10,578555	0,11384	Mittlere 50 %-Schwelle	114,3	29.05.2009	IfaÖ
286	232	-10,578555	0,11384	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,8	29.05.2009	IfaÖ
287	212	-10,433929	0,112188	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,8	30.03.2009	IfaÖ
287	212	-10,433929	0,112188	Mittlere 50 %-Schwelle	114,5	30.03.2009	IfaÖ
287	212	-10,433929	0,112188	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	30.03.2009	IfaÖ
289	238	-11,020798	0,116989	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	120,7	17.06.2009	IfaÖ
289	238	-11,020798	0,116989	Mittlere 50 %-Schwelle	120,1	17.06.2009	IfaÖ
289	238	-11,020798	0,116989	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,4	17.06.2009	IfaÖ
291	207	-11,007683	0,116915	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,3	23.03.2009	IfaÖ
291	207	-11,007683	0,116915	Mittlere 50 %-Schwelle	116	23.03.2009	IfaÖ
291	207	-11,007683	0,116915	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,4	23.03.2009	IfaÖ
292	278	-10,938326	0,11581	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,9	25.01.2010	IfaÖ
292	278	-10,938326	0,11581	Mittlere 50 %-Schwelle	118,7	25.01.2010	IfaÖ
292	278	-10,938326	0,11581	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	25.01.2010	IfaÖ
293	174	-10,710736	0,115729	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	112,7	11.12.2008	IfaÖ
293	174	-10,710736	0,115729	Mittlere 50 %-Schwelle	112,3	11.12.2008	IfaÖ
293	174	-10,710736	0,115729	12er-Schwelle/uniform scale approach	114	11.12.2008	IfaÖ
294	174	-9,70134	0,107764	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,7	11.12.2008	IfaÖ
294	174	-9,70134	0,107764	Mittlere 50 %-Schwelle	112,7	11.12.2008	IfaÖ
294	174	-9,70134	0,107764	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,1	11.12.2008	IfaÖ
295	242	-10,617003	0,113722	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	03.07.2009	IfaÖ
295	242	-10,617003	0,113722	Mittlere 50 %-Schwelle	116	03.07.2009	IfaÖ
295	242	-10,617003	0,113722	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	03.07.2009	IfaÖ
296	211	-10,461223	0,112225	50 %-Schwelle	115,2	27.03.2009	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
296	211	-10,461223	0,112225	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	27.03.2009	IfaÖ
296	211	-10,461223	0,112225	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,4	27.03.2009	IfaÖ
297	215	-10,850721	0,11567	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,1	07.04.2009	IfaÖ
297	215	-10,850721	0,11567	Mittlere 50 %-Schwelle	114,9	07.04.2009	IfaÖ
297	215	-10,850721	0,11567	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,3	07.04.2009	IfaÖ
298	232	-10,837962	0,115643	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,8	29.05.2009	IfaÖ
298	232	-10,837962	0,115643	Mittlere 50 %-Schwelle	116,2	29.05.2009	IfaÖ
298	232	-10,837962	0,115643	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,2	29.05.2009	IfaÖ
300	198	-10,516205	0,112758	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	05.03.2009	IfaÖ
300	198	-10,516205	0,112758	Mittlere 50 %-Schwelle	115,2	05.03.2009	IfaÖ
300	198	-10,516205	0,112758	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,3	05.03.2009	IfaÖ
301	217	-10,788622	0,114823	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,2	16.04.2009	IfaÖ
301	217	-10,788622	0,114823	Mittlere 50 %-Schwelle	116	16.04.2009	IfaÖ
301	217	-10,788622	0,114823	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	16.04.2009	IfaÖ
302	216	-11,170045	0,118056	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,7	08.04.2009	IfaÖ
302	216	-11,170045	0,118056	Mittlere 50 %-Schwelle	116,5	08.04.2009	IfaÖ
302	216	-11,170045	0,118056	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,7	08.04.2009	IfaÖ
304	237	-11,27889	0,117785	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,7	16.06.2009	IfaÖ
304	237	-11,27889	0,117785	Mittlere 50 %-Schwelle	118,3	16.06.2009	IfaÖ
304	237	-11,27889	0,117785	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,9	16.06.2009	IfaÖ
305	241	-10,492876	0,113162	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,9	30.06.2009	IfaÖ
305	241	-10,492876	0,113162	Mittlere 50 %-Schwelle	116,2	30.06.2009	IfaÖ
305	241	-10,492876	0,113162	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,7	30.06.2009	IfaÖ
306	239	-10,683558	0,114966	50 %-Schwelle	117	24.06.2009	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
306	239	-10,683558	0,114966	Mittlere 50 %-Schwelle	115,9	24.06.2009	IfaÖ
306	239	-10,683558	0,114966	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,5	24.06.2009	IfaÖ
307	219	-10,316551	0,11202	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,8	21.04.2009	IfaÖ
307	219	-10,316551	0,11202	Mittlere 50 %-Schwelle	114,7	21.04.2009	IfaÖ
307	219	-10,316551	0,11202	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	21.04.2009	IfaÖ
308	230	-10,842245	0,11408	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	19.05.2009	IfaÖ
308	230	-10,842245	0,11408	Mittlere 50 %-Schwelle	116,4	19.05.2009	IfaÖ
308	230	-10,842245	0,11408	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,8	19.05.2009	IfaÖ
310	218	-10,444199	0,112496	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,4	17.04.2009	IfaÖ
310	218	-10,444199	0,112496	Mittlere 50 %-Schwelle	114,4	17.04.2009	IfaÖ
310	218	-10,444199	0,112496	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,9	17.04.2009	IfaÖ
313	219	-10,63546	0,114819	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,5	21.04.2009	IfaÖ
313	219	-10,63546	0,114819	Mittlere 50 %-Schwelle	114,1	21.04.2009	IfaÖ
313	219	-10,63546	0,114819	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	21.04.2009	IfaÖ
314	229	-10,853239	0,114821	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,6	18.05.2009	IfaÖ
314	229	-10,853239	0,114821	Mittlere 50 %-Schwelle	115,8	18.05.2009	IfaÖ
314	229	-10,853239	0,114821	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,2	18.05.2009	IfaÖ
319	228	-10,420914	0,111746	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	113,4	12.05.2009	IfaÖ
319	228	-10,420914	0,111746	Mittlere 50 %-Schwelle	112,8	12.05.2009	IfaÖ
319	228	-10,420914	0,111746	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,5	12.05.2009	IfaÖ
321	221	-9,838184	0,109185	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,5	23.02.2009	IfaÖ
321	221	-9,838184	0,109185	Mittlere 50 %-Schwelle	118,1	23.02.2009	IfaÖ
321	221	-9,838184	0,109185	12er-Schwelle/uniform scale approach	112,9	23.02.2009	IfaÖ
322	202	-10,104381	0,111304	50 %-Schwelle	113,6	24.02.2009	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
322	202	-10,104381	0,111304	Mittlere 50 %-Schwelle	113,4	24.02.2009	IfaÖ
322	202	-10,104381	0,111304	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,1	24.02.2009	IfaÖ
323	207	-10,317151	0,112595	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,7	24.02.2009	IfaÖ
323	207	-10,317151	0,112595	Mittlere 50 %-Schwelle	115,8	24.02.2009	IfaÖ
323	207	-10,317151	0,112595	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,7	24.02.2009	IfaÖ
325	195	-10,143866	0,110736	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,9	24.02.2009	IfaÖ
325	195	-10,143866	0,110736	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	24.02.2009	IfaÖ
325	195	-10,143866	0,110736	12er-Schwelle/uniform scale approach	114	24.02.2009	IfaÖ
326	216	-10,74396	0,11492	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,7	25.02.2009	IfaÖ
326	216	-10,74396	0,11492	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	25.02.2009	IfaÖ
326	216	-10,74396	0,11492	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,1	25.02.2009	IfaÖ
327	288	-10,915818	0,117202	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,3	07.06.2010	IfaÖ
327	288	-10,915818	0,117202	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	07.06.2010	IfaÖ
327	288	-10,915818	0,117202	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	07.06.2010	IfaÖ
328	278	-10,494868	0,114696	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116	25.01.2010	IfaÖ
328	278	-10,494868	0,114696	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	25.01.2010	IfaÖ
328	278	-10,494868	0,114696	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,2	25.01.2010	IfaÖ
329	193	-10,373777	0,11213	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,1	26.02.2009	IfaÖ
329	193	-10,373777	0,11213	Mittlere 50 %-Schwelle	114	26.02.2009	IfaÖ
329	193	-10,373777	0,11213	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,7	26.02.2009	IfaÖ
330	278	-10,393882	0,113843	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,6	26.02.2009	IfaÖ
330	278	-10,393882	0,113843	Mittlere 50 %-Schwelle	116,1	26.02.2009	IfaÖ
330	278	-10,393882	0,113843	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,1	26.02.2009	IfaÖ
331	381	-11,126687	0,117885	50 %-Schwelle	116,9	13.02.2012	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
331	381	-11,126687	0,117885	Mittlere 50 %-Schwelle	116,7	13.02.2012	IfaÖ
331	381	-11,126687	0,117885	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,5	13.02.2012	IfaÖ
332	288	-10,618571	0,115349	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,9	07.06.2011	IfaÖ
332	288	-10,618571	0,115349	Mittlere 50 %-Schwelle	113,6	07.06.2011	IfaÖ
332	288	-10,618571	0,115349	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,6	07.06.2011	IfaÖ
366	270	-10,872423	0,11603	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,6	19.10.2009	IBL
366	270	-10,872423	0,11603	Mittlere 50 %-Schwelle	117,4	19.10.2009	IBL
366	270	-10,872423	0,11603	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,1	19.10.2009	IBL
388	270	-10,614364	0,114001	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	19.10.2009	IBL
388	270	-10,614364	0,114001	Mittlere 50 %-Schwelle	116,6	19.10.2009	IBL
388	270	-10,614364	0,114001	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,9	19.10.2009	IBL
419	274	-10,106003	0,111235	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,6	18.01.2010	IfaÖ
419	274	-10,106003	0,111235	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	18.01.2010	IfaÖ
419	274	-10,106003	0,111235	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,2	18.01.2010	IfaÖ
420	253	-10,855819	0,115936	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,7	11.08.2009	IfaÖ
420	253	-10,855819	0,115936	Mittlere 50 %-Schwelle	118,9	11.08.2009	IfaÖ
420	253	-10,855819	0,115936	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,1	11.08.2009	IfaÖ
422	251	-10,58974	0,114853	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,5	07.08.2009	IfaÖ
422	251	-10,58974	0,114853	Mittlere 50 %-Schwelle	115,3	07.08.2009	IfaÖ
422	251	-10,58974	0,114853	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,8	07.08.2009	IfaÖ
423	274	-10,32377	0,11235	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,2	18.01.2010	IfaÖ
423	274	-10,32377	0,11235	Mittlere 50 %-Schwelle	113,9	18.01.2010	IfaÖ
423	274	-10,32377	0,11235	12er-Schwelle/uniform scale approach	114	18.01.2010	IfaÖ
424	275	-10,47143	0,11209	50 %-Schwelle	113,4	19.01.2010	IfaÖ

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
424	275	-10,47143	0,11209	Mittlere 50 %-Schwelle	113,2	19.01.2010	IfaÖ
424	275	-10,47143	0,11209	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	19.01.2010	IfaÖ
425	244	-10,926957	0,114878	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,6	08.07.2009	IBL
425	244	-10,926957	0,114878	Mittlere 50 %-Schwelle	117,2	08.07.2009	IBL
425	244	-10,926957	0,114878	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,7	08.07.2009	IBL
426	245	-10,754116	0,113139	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,7	09.07.2009	IBL
426	245	-10,754116	0,113139	Mittlere 50 %-Schwelle	116,9	09.07.2009	IBL
426	245	-10,754116	0,113139	12er-Schwelle/uniform scale approach	117	09.07.2009	IBL
427	243	-10,617564	0,113087	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116	09.07.2009	IBL
427	243	-10,617564	0,113087	Mittlere 50 %-Schwelle	115,2	09.07.2009	IBL
427	243	-10,617564	0,113087	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	09.07.2009	IBL
429	243	-10,460127	0,113904	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115	07.07.2009	IBL
429	243	-10,460127	0,113904	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	07.07.2009	IBL
429	243	-10,460127	0,113904	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,6	07.07.2009	IBL
429	300	-10,671622	0,115712	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,5	31.08.2010	IBL
429	300	-10,671622	0,115712	Mittlere 50 %-Schwelle	114,3	31.08.2010	IBL
429	300	-10,671622	0,115712	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,7	31.08.2010	IBL
430	245	-10,459924	0,11074	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,2	09.07.2009	IBL
430	245	-10,459924	0,11074	Mittlere 50 %-Schwelle	116,3	09.07.2009	IBL
430	245	-10,459924	0,11074	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,9	09.07.2009	IBL
432	245	-10,97315	0,115168	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117	09.07.2009	IBL
432	245	-10,97315	0,115168	Mittlere 50 %-Schwelle	116,6	09.07.2009	IBL
432	245	-10,97315	0,115168	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,9	09.07.2009	IBL
456	324	-10,25292	0,112325	50 %-Schwelle	118,9	10.07.2011	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
456	324	-10,25292	0,112325	Mittlere 50 %-Schwelle	117,8	10.07.2011	IBL
456	324	-10,25292	0,112325	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,4	10.07.2011	IBL
464	324	-10,220381	0,112457	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,5	10.07.2011	IBL
464	324	-10,220381	0,112457	Mittlere 50 %-Schwelle	113,8	10.07.2011	IBL
464	324	-10,220381	0,112457	12er-Schwelle/uniform scale approach	113	10.07.2011	IBL
733	262	-10,845175	0,115148	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,1	01.09.2009	IBL
733	262	-10,845175	0,115148	Mittlere 50 %-Schwelle	117,1	01.09.2009	IBL
733	262	-10,845175	0,115148	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,8	01.09.2009	IBL
734	263	-9,901349	0,109661	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,1	02.09.2009	IBL
734	263	-9,901349	0,109661	Mittlere 50 %-Schwelle	117,5	02.09.2009	IBL
734	263	-9,901349	0,109661	12er-Schwelle/uniform scale approach	113	02.09.2009	IBL
735	262	-10,621015	0,112951	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,7	01.09.2009	IBL
735	262	-10,621015	0,112951	Mittlere 50 %-Schwelle	113,9	01.09.2009	IBL
735	262	-10,621015	0,112951	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	01.09.2009	IBL
736	261	-11,049776	0,115322	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,5	31.08.2009	IBL
736	261	-11,049776	0,115322	Mittlere 50 %-Schwelle	116,1	31.08.2009	IBL
736	261	-11,049776	0,115322	12er-Schwelle/uniform scale approach	117,4	31.08.2009	IBL
737	263	-10,669845	0,113897	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,3	02.09.2009	IBL
737	263	-10,669845	0,113897	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	02.09.2009	IBL
737	263	-10,669845	0,113897	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,5	02.09.2009	IBL
738	261	-10,343296	0,110564	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,4	31.08.2009	IBL
738	261	-10,343296	0,110564	Mittlere 50 %-Schwelle	116	31.08.2009	IBL
738	261	-10,343296	0,110564	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	31.08.2009	IBL
741	401	-10,717304	0,114676	50 %-Schwelle	115,7	16.07.2012	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
741	401	-10,717304	0,114676	Mittlere 50 %-Schwelle	115,5	16.07.2012	IBL
741	401	-10,717304	0,114676	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,1	16.07.2012	IBL
957	324	-10,571244	0,114729	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,6	10.07.2011	IBL
957	324	-10,571244	0,114729	Mittlere 50 %-Schwelle	115,9	10.07.2011	IBL
957	324	-10,571244	0,114729	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,8	10.07.2011	IBL
961	324	-10,085446	0,10986	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,2	10.07.2011	IBL
961	324	-10,085446	0,10986	Mittlere 50 %-Schwelle	112,6	10.07.2011	IBL
961	324	-10,085446	0,10986	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,4	10.07.2011	IBL
961	450	-10,383629	0,112223	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,8	18.06.2013	IBL
961	450	-10,383629	0,112223	Mittlere 50 %-Schwelle	113	18.06.2013	IBL
961	450	-10,383629	0,112223	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,7	18.06.2013	IBL
1134	324	-10,395254	0,112781	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	113,7	10.07.2011	IBL
1134	324	-10,395254	0,112781	Mittlere 50 %-Schwelle	112,8	10.07.2011	IBL
1134	324	-10,395254	0,112781	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,2	10.07.2011	IBL
1174	450	-10,466231	0,113272	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,2	18.06.2013	IBL
1174	450	-10,466231	0,113272	Mittlere 50 %-Schwelle	113,2	18.06.2013	IBL
1174	450	-10,466231	0,113272	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	18.06.2013	IBL
1175	301	-10,323312	0,110546	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,5	04.09.2010	IBL
1175	301	-10,323312	0,110546	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	04.09.2010	IBL
1175	301	-10,323312	0,110546	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,9	04.09.2010	IBL
1176	301	-10,186383	0,109682	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,5	04.09.2010	IBL
1176	301	-10,186383	0,109682	Mittlere 50 %-Schwelle	114,8	04.09.2010	IBL
1176	301	-10,186383	0,109682	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,5	04.09.2010	IBL
1180	324	-10,159685	0,111601	50 %-Schwelle	114	10.07.2011	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
1180	324	-10,159685	0,111601	Mittlere 50 %-Schwelle	113,3	10.07.2011	IBL
1180	324	-10,159685	0,111601	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,3	10.07.2011	IBL
1180	446	-10,367207	0,112988	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,5	02.04.2013	IBL
1180	446	-10,367207	0,112988	Mittlere 50 %-Schwelle	113	02.04.2013	IBL
1180	446	-10,367207	0,112988	12er-Schwelle/uniform scale approach	113,7	02.04.2013	IBL
1650	450	-10,534089	0,113268	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,9	18.06.2013	IBL
1650	450	-10,534089	0,113268	Mittlere 50 %-Schwelle	113,9	18.06.2013	IBL
1650	450	-10,534089	0,113268	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,9	18.06.2013	IBL
1806	371	-9,278631	0,102257	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	121,4	14.12.2011	IBL
1806	371	-9,278631	0,102257	Mittlere 50 %-Schwelle	119,8	14.12.2011	IBL
1806	371	-9,278631	0,102257	12er-Schwelle/uniform scale approach	115	14.12.2011	IBL
1807	368	-10,300462	0,112072	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	113,7	02.12.2008	IBL
1807	368	-10,300462	0,112072	Mittlere 50 %-Schwelle	112,6	02.12.2008	IBL
1807	368	-10,300462	0,112072	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,1	02.12.2008	IBL
1808	368	-9,488107	0,104731	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,1	02.12.2008	IBL
1808	368	-9,488107	0,104731	Mittlere 50 %-Schwelle	114,1	02.12.2008	IBL
1808	368	-9,488107	0,104731	12er-Schwelle/uniform scale approach	114,3	02.12.2008	IBL
1809	368	-10,625588	0,112287	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,1	02.12.2008	IBL
1809	368	-10,625588	0,112287	Mittlere 50 %-Schwelle	116,9	02.12.2008	IBL
1809	368	-10,625588	0,112287	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,8	02.12.2008	IBL
1810	368	-10,517115	0,112519	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,2	02.12.2008	IBL
1810	368	-10,517115	0,112519	Mittlere 50 %-Schwelle	116,9	02.12.2008	IBL
1810	368	-10,517115	0,112519	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	02.12.2008	IBL
1811	368	-10,86705	0,114972	50 %-Schwelle	115,2	02.12.2008	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
1811	368	-10,86705	0,114972	Mittlere 50 %-Schwelle	115,1	02.12.2008	IBL
1811	368	-10,86705	0,114972	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,1	02.12.2008	IBL
2011	402	-10,77761	0,113572	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,7	19.07.2012	IBL
2011	402	-10,77761	0,113572	Mittlere 50 %-Schwelle	115	19.07.2012	IBL
2011	402	-10,77761	0,113572	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,8	19.07.2012	IBL
2015	446	-10,495519	0,11205	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115	02.04.2013	IBL
2015	446	-10,495519	0,11205	Mittlere 50 %-Schwelle	114,3	02.04.2013	IBL
2015	446	-10,495519	0,11205	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,8	02.04.2013	IBL
2024	407	-10,634197	0,112535	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,2	14.08.2012	IBL
2024	407	-10,634197	0,112535	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	14.08.2012	IBL
2024	407	-10,634197	0,112535	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,6	14.08.2012	IBL
2025	407	-10,588809	0,112152	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,6	14.08.2012	IBL
2025	407	-10,588809	0,112152	Mittlere 50 %-Schwelle	114,9	14.08.2012	IBL
2025	407	-10,588809	0,112152	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,6	14.08.2012	IBL
2026	407	-9,859923	0,10623	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,9	14.08.2012	IBL
2026	407	-9,859923	0,10623	Mittlere 50 %-Schwelle	115,2	14.08.2012	IBL
2026	407	-9,859923	0,10623	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,2	14.08.2012	IBL
2027	405	-10,364405	0,111103	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,2	06.08.2012	IBL
2027	405	-10,364405	0,111103	Mittlere 50 %-Schwelle	114,2	06.08.2012	IBL
2027	405	-10,364405	0,111103	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,7	06.08.2012	IBL
2028	407	-10,720874	0,111087	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	118,5	14.08.2012	IBL
2028	407	-10,720874	0,111087	Mittlere 50 %-Schwelle	117,4	14.08.2012	IBL
2028	407	-10,720874	0,111087	12er-Schwelle/uniform scale approach	118,9	14.08.2012	IBL
2029	405	-10,316721	0,110776	50 %-Schwelle	119,5	06.08.2012	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
2029	405	-10,316721	0,110776	Mittlere 50 %-Schwelle	118,9	06.08.2012	IBL
2029	405	-10,316721	0,110776	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	06.08.2012	IBL
2103	423	-10,645808	0,112849	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,8	23.11.2012	IBL
2103	423	-10,645808	0,112849	Mittlere 50 %-Schwelle	114,6	23.11.2012	IBL
2103	423	-10,645808	0,112849	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,4	23.11.2012	IBL
2104	423	-8,696301	0,09601	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	119,6	23.11.2012	IBL
2104	423	-8,696301	0,09601	Mittlere 50 %-Schwelle	117,7	23.11.2012	IBL
2104	423	-8,696301	0,09601	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,5	23.11.2012	IBL
2105	423	-10,536326	0,11223	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	114,5	23.11.2012	IBL
2105	423	-10,536326	0,11223	Mittlere 50 %-Schwelle	114,1	23.11.2012	IBL
2105	423	-10,536326	0,11223	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	23.11.2012	IBL
2106	425	-10,628674	0,112509	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	117,1	07.12.2012	IBL
2106	425	-10,628674	0,112509	Mittlere 50 %-Schwelle	115,7	07.12.2012	IBL
2106	425	-10,628674	0,112509	12er-Schwelle/uniform scale approach	116,6	07.12.2012	IBL
2107	425	-10,776235	0,114354	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	115,4	07.12.2012	IBL
2107	425	-10,776235	0,114354	Mittlere 50 %-Schwelle	114,7	07.12.2012	IBL
2107	425	-10,776235	0,114354	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	07.12.2012	IBL
2113	425	-10,717127	0,113841	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	113,8	07.12.2012	IBL
2113	425	-10,717127	0,113841	Mittlere 50 %-Schwelle	113,6	07.12.2012	IBL
2113	425	-10,717127	0,113841	12er-Schwelle/uniform scale approach	116	07.12.2012	IBL
2139	445	-10,300534	0,110747	50 %-Schwelle unsensitivster Winkel	116,2	28.03.2013	IBL
2139	445	-10,300534	0,110747	Mittlere 50 %-Schwelle	114,9	28.03.2013	IBL
2139	445	-10,300534	0,110747	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,4	28.03.2013	IBL
2171	445	-10,716763	0,114227	50 %-Schwelle	114,8	28.03.2013	IBL

C-POD Nr.	Kalibrierungs-ID	Achsenabschnitt	Steigung	Schwellenwert	Schwellenwert (dB)	Datum der Kalibrierung	Eigentümer C-POD
				unsensitivster Winkel			
2171	445	-10,716763	0,114227	Mittlere 50 %-Schwelle	113,8	28.03.2013	IBL
2171	445	-10,716763	0,114227	12er-Schwelle/uniform scale approach	115,6	28.03.2013	IBL

**Anhangstabelle 2: Korrelation der Aktivitätsdichten bei Filterung der C-POD-Daten eines Stationsteils – Signifikante Änderung oder nicht?**

Fisher r zu z Transformation für BSH\_cal\_1

<b>rho</b>	<b>keine Filte- rung</b>	<b>SPL 12</b>	<b>mit</b>	<b>unsen</b>
298 vs. 419	0.97	0.9719	0.96958	0.9608
298 vs. 422	0.993	0.9941	0.9931	0.9948
419 vs. 422	0.9725	0.9727	0.96817	0.96327

<b>z</b>	<b>keine Filte- rung</b>	<b>SPL 12</b>	<b>mit</b>	<b>unsen</b>
298 vs. 419		-0.19	0.04	0.79
298 vs. 422		-0.08	-0.13	-0.19
419 vs. 422		4.46	4.46	5.7

<b>p</b>	<b>keine Filte- rung</b>	<b>SPL 12</b>	<b>mit</b>	<b>unsen</b>
298 vs. 419		0.8493	0.9681	0.4295
298 vs. 422		0.6171	0.9681	0.1949
419 vs. 422		0.948	0.6672	0.6672